Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XL. Jahrgang. 1927. Sechstes Heft.

Atomkonstanten und Körpereigenschaften[1]).

Von Max Born in Göttingen.

1. Vorlesung.

Die Ergebnisse physikalischer Messungen erscheinen zuerst immer in der Form von Tabellen, die zwei oder mehr direkt beobachtete Reihen von Größen in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit darstellen. Der nächste Schritt besteht in der Aufstellung einer empirischen Formel, die das ganze Zahlenmaterial einer Tabelle auf wenige „Koeffizienten" zurückführt. Der Schritt von solchen, meist durch Interpolation gefundenen Formeln zum physikalischen Gesetz besteht in der Einordnung der beobachteten Erscheinung in den sinnvollen Zusammenhang der physikalischen Erkenntnis überhaupt. Hierdurch bekommen die „Koeffizienten" eine physikalische Bedeutung und Dimension; oft werden sie als Entwicklungskoeffizienten von Gesetzen erkannt, die von der Theorie schon vorher bereitgestellt waren. Damit sind dann wirkliche „Naturkonstanten" gewonnen: Zahlen, die begrifflich scharf definierbare Eigenschaften der Körper messen.

Das von der physikalischen Forschung gesammelte Material erscheint nunmehr wiederum in Form von Tabellen, die aber nicht mehr die Zahlen einzelner Meßreihen enthalten, sondern die Gesamtheit der Maßzahlen physikalischer Körpereigenschaften, die auf Grund der geltenden Naturgesetze den Rang von „Konstanten" erhalten haben. Sie kennen solche Tabellensammlungen, wie den „Landolt-Börnstein". Hier findet man die mechanischen, thermischen, optischen, elektrischen, magnetischen Eigenschaften aller Körper mehr oder minder vollständig durch Zahlenangaben ausgedrückt. Solche Tabellenwerke schwellen mit den Jahren an, entsprechend der Anhäufung neuer Messungen; Sie werden diese Tatsache wohl alle an den verschiedenen Ausgaben des Landolt-Börnstein beobachtet haben. Und da die meßbaren Körpereigenschaften um so zahlreicher werden, je mehr die Meßkunst fortschreitet, so wäre ein Ende dieses Prozesses nicht abzusehen, wenn nicht ein Verfahren bestände, das dem Wachsen Einhalt täte.

Ganz allgemein gesprochen, ist dieses Verfahren die Vertiefung der physikalischen Erkenntnis, durch die vorher als verschieden geltende Gesetze zu einer höheren Gesetzlichkeit vereinigt werden; dadurch wird eine Zurückführung von Körper-Konstanten auf eine kleinere Zahl allgemeinerer Konstanten erreicht. Ich erinnere Sie etwa an Maxwells elektromagnetische Lichttheorie, durch die im Prinzip alle optischen Größen als besondere Fälle elektromagnetischer Größen erscheinen. Die mächtigste Waffe aber in diesem Prozesse der Vereinfachung, Verengung und Vertiefung ist die Atomistik. Wir wollen die Atomistik hier nur — etwas einseitig — von diesem Standpunkte ansehen und ihre Bedeutung für andere Betrachtungsweisen, vor allem für die philosophische Auffassung des Naturerkennens, ganz beiseite lassen.

Die Atomistik hat zum letzten Ziel, die Eigenschaften, Bewegungen, Wechselwirkungen aller Körper auf die einer kleinen Zahl von Atomen zurückzuführen.

[1]) Vorlesungen, gehalten im mathematisch-physikalischen Ferienkursus 1926 der Universität Göttingen.

Vorausgesetzt, die letzten Bausteine der Materie und die zwischen ihnen wirkenden Kräfte seien bekannt, so sollte die Bestimmung der Eigenschaften und des Verhaltens aller Körper nur mehr eine Aufgabe mathematischer Rechnung sein.

Wir kennen 92 chemische Atome. Solange diese als letzte Bausteine galten, hätte die Idealtabelle der Zukunft immerhin noch als recht umfangreich vorgestellt werden müssen: Für jedes Atom hätten alle wichtigeren Eigenschaften durch Zahlenangaben festgelegt werden müssen.

Heute aber haben wir gute Gründe zu glauben, daß die chemischen Atome ihren Namen keineswegs verdienen, sondern selber komplizierte Strukturen aus einfacheren Bausteinen sind. Als solche haben wir die Atome der positiven und negativen Elektrizität erkannt, das Proton und das Elektron. Die Idealtabelle sollte also nur die Eigenschaften dieser beiden Körperchen und ihrer Wechselwirkungen zum Ausdruck bringen. Hierzu sind aber, soviel wir heute wissen, fünf Angaben erforderlich:

I. Konstanten der Wechselwirkungs-Gesetze:
1. Lichtgeschwindigkeit c,
2. Wirkungsquantum h;

II. Eigenschaften der Elektrizitätsatome:
3. Ladung e des Elektrons und Protons,
4. Masse m des Protons,
5. Masse μ des Elektrons.

Dazu käme eigentlich noch die Gravitationskonstante; doch spielt diese für die physikalischen Vorgänge im engeren Sinne eine so geringe Rolle und steht auch theoretisch so abseits, daß es gerechtfertigt scheint, sie hier zu übergehen. Dagegen müssen noch einige Umrechnungsfaktoren angegeben werden, mit denen es folgende Bewandtnis hat. Man pflegt aus praktischen Gründen die thermischen Größen nicht im mechanischen Maße zu messen, sondern in besonderen thermischen Einheiten. So gibt man den Wärmeinhalt, der einen Energievorrat darstellt, nicht in Erg, sondern in Kalorien an; der Umrechnungsfaktor ist das „mechanische Wärmeäquivalent“:

$$1 \text{ cal} = 4{,}186 \cdot 10^7 \text{ erg}.$$

Ebenso mißt man die Temperatur nicht in ihrem theoretischen Maße, nämlich als die mittlere kinetische Energie der Moleküle in Erg, sondern in Zentigraden. Der Umrechnungsfaktor ist die „absolute Gaskonstante“ R, und zwar entspricht 1^0 Temperaturanstieg einer Zunahme der mittleren kinetischen Energie eines Mols um R erg, wo

$$R = 8{,}313 \cdot 10^7 \text{ erg grad}^{-1}.$$

Neben diesen gibt es noch eine Menge anderer Umrechnungsfaktoren von technischen Einheiten auf das cm-g-sec-System; ich erwähne z. B. die elektromagnetischen Einheiten Volt, Ampere, Gauß usw. Aber hier liegt es so, daß keine dieser Einheiten vor der anderen theoretisch bevorzugt ist, wie im Falle der Wärme auf Grund der kinetischen Hypothese. Es ist daher nicht angebracht, diese Umrechnungsfaktoren hier aufzuzählen.

Aus den genannten 5 Konstanten sollen sich nun alle übrigen Konstanten der Physik ableiten lassen, wobei sonst nur reine Zahlen wie 3 oder π eingehen. Umgekehrt muß man die Zahlenwerte der 5 Grundkonstanten aus Messungen bestimmen. Dazu können im Prinzip irgendwelche 5 unabhängige Messungen beliebiger Erscheinungen dienen, deren theoretische Abhängigkeit von μ, m, e, c, h bekannt ist. Praktisch aber wird man hierfür natürlich solche Messungen bevorzugen, die jeweils nur eine, höchstens zwei der 5 Größen möglichst unmittelbar liefern. Wir zählen nun kurz diese „direkten Messungen“ der Grundkonstanten und ihre Ergebnisse auf. Dabei beginnen wir mit der am längsten bekannten, der Lichtgeschwindigkeit c.

Diese Konstante ist der einzige Koeffizient, der in den Maxwell schen Gleichungen des elektromagnetischen Feldes im Vakuum vorkommt. Da nun die Annahme, alle Materie

sei aus den Atomen der positiven und negativen Elektrizität aufgebaut, einschließt, daß alle Wirkungen von Körpern aufeinander elektromagnetischer Natur sind, so wäre die Größe c die einzige Naturkonstante dieser Wechselwirkungen, wenn wir voraussetzen dürften, daß die Maxwellschen Gleichungen auch wirklich richtig und vollständig sind. Nun kennen wir Erscheinungsgebiete, wo das sicher nicht der Fall ist, nämlich alle diejenigen, die in das Gebiet der sogenannten „Quantentheorie" fallen; dort tritt eine neue Konstante, das Wirkungsquantum h, auf. Aber in vielen anderen Fällen liefern die Maxwellschen Feldgleichungen eine ausgezeichnete Annäherung an die Wirklichkeit; so vor allem bei der freien Ausbreitung des Lichts und anderer elektromagnetischer Wellen und bei den in der Elektrotechnik verwendeten Vorgängen in materiellen Körpern. Dem entsprechen die beiden Hauptmethoden zur Bestimmung von c: Direkte Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit und Messung der magnetischen Wirkung eines im elektrostatischen Maße bestimmten Stroms.

Die Verfahren der ersten Art brauche ich hier wohl nicht zu erläutern. Ich erinnere Sie nur an die astronomischen Messungen der Lichtgeschwindigkeit durch die Verfinsterungen der Jupitermonde (Olaf Römer) und die Aberration (Bradley), und an die irdischen Messungen von Fizeau und Foucault, die neuerdings von Michelson zu höchster Vollendung gebracht worden sind. Die elektromagnetische Methode wurde zum ersten Male von Kohlrausch und Weber angewandt und in neuester Zeit von Rosa und Dorsey, Grüneisen und Giebe sehr verbessert. Das Ergebnis ist

$$c = 2{,}999 \cdot 10^{10} \text{ cm sec}^{-1},$$

also fast genau $3 \cdot 10^{10}$ cm sec^{-1}, was man sich leicht merken kann.

Wir betrachten nun die beiden Grundkonstanten e und m zugleich, deren Bestimmung eng gekoppelt ist. Da nämlich das Wasserstoffatom aus einem Proton mit einem umlaufenden Elektron besteht und, wie wir sogleich sehen werden, die Masse μ des Elektrons klein ist gegen die des Protons m, so ist die Masse eines H-Atoms fast genau gleich m.

Erinnern wir uns nun, daß man unter 1 Mol einer Substanz so viel g davon versteht, als das Molekulargewicht (bezogen auf das Sauerstoffatom $O = 16$) beträgt; also 1 Mol Wasserstoffatome $H = 1{,}008$. Bezeichnet man die Anzahl der Moleküle im Mol mit N, so hat man

$$m N = 1{,}008 \text{ g}.$$

Jede Bestimmung von m liefert also auch N, und umgekehrt. Man nennt N Loschmidtsche Zahl pro Mol (oder auch Avogadrosche Zahl). Diese hängt aber wieder mit der elektrischen Elementarladung e durch eine genau meßbare Größe zusammen, nämlich die Elektrizitätsmenge F, die nach den Faradayschen Gesetzen der Elektrolyse bei der Abscheidung eines Mols Ionen aus einem Elektrolyten diesen durchfließen muß. Für einwertige Ionen, deren jedes die Ladung e trägt, hat man also

$$Ne = F = 9649{,}4 \text{ el.-magn. Einh.}$$
$$= 2{,}8948 \cdot 10^{14} \text{ el.-stat. Einh.}$$

Hierdurch ist auch die Bestimmung von e auf die von N und dadurch von m zurückgeführt.

Direkt meßbar sind N und e. Die ältesten Schätzungen der Größe N beruhen auf Methoden der kinetischen Gastheorie, doch sind diese sehr ungenau und kommen nicht mehr in Betracht. Nahe verwandt damit sind die Methoden, die auf der Beobachtung sehr kleiner, im Gase oder der Flüssigkeit schwebender Partikel beruhen. Eine Suspension solcher Partikel verhält sich in mancher Hinsicht wie ein Gas aus riesigen Molekülen. So sinken z. B. unter der Wirkung der Schwere keineswegs alle Partikel zu Boden, sondern sie werden durch die Stöße der umgebenden Molekeln gehoben und bilden eine nach oben dünner werdende Verteilung, deren Dichte der gewöhnlichen „Barometerformel" gehorcht. Da in die Konstante dieser Formel die Zahl N eingeht, so kann man sie aus der Messung der Abnahme der Teilchenzahl

mit der Höhe bestimmen. Solche Beobachtungen sind von Perrin und The Svedberg mit großem Erfolge ausgeführt worden.

Eine andere, von Einstein und Smoluchowski angegebene Methode benutzt die bekannte Zitterbewegung suspendierter Teilchen, die sogenannte Brownsche Bewegung. Diese kommt dadurch zustande, daß die Stöße der Moleküle gegen das suspendierte Teilchen sich nicht genau ausgleichen, sondern kleine Schwankungen erzeugen. Hier wird nun ein allgemeines statistisches Prinzip benutzt, das etwa folgendes besagt: Wenn man eine Größe, die mit gleicher Wahrscheinlichkeit zwei Werte annehmen kann („Kopf" oder „Schrift"), N mal beobachtet, so wird jeder Wert mit einer gewissen Häufigkeit auftreten, die sich bei wachsender Zahl N dem Werte $\frac{1}{2} N$ nähert; die tatsächlichen Abweichungen hiervon aber haben bei vielfacher Wiederholung der Versuchsreihe im Mittel den Wert $\sqrt{N}$. Die Beobachtung von Schwankungen erlaubt daher eine Abschätzung der Anzahl N der Einzelvorgänge. Hierauf beruht die Möglichkeit, aus den Schwankungen der Molekülzahl, die durch die Brownsche Bewegung sichtbar werden, auf die Molekülzahl selbst zu schließen.

Auf demselben Gedanken beruht eine andere, von Lord Rayleigh stammende Methode, nämlich die Beobachtung des blauen Himmelslichtes. Dieses ist zerstreutes Sonnenlicht, und zwar sind die zerstreuenden Hindernisse (in staubfreier Luft, auf hohen Bergen) die kleinen Unregelmäßigkeiten der Luftdichte, die durch die spontanen Schwankungen der Molekülzahl erzeugt werden. Die Messung des zerstreuten Lichts ist daher ein Maß für diese Schwankungen und damit für die Molekülzahl. Neuerdings ist die Zerstreuung des Lichts beim Durchgang durch staubfreie Gase auch im Laboratorium beobachtet und zur Bestimmung von N benutzt worden.

Ganz andere Methoden zur N-Bestimmung beruhen auf den radioaktiven Erscheinungen. Bekanntlich kann man die beim Zerfall der aktiven Atome ausgeschleuderten Helium-Atome (α-Strahlen) direkt einzeln zählen, sogar ihre Durchschlagsspur in feuchtem Gase als Nebelstreif photographieren. Bestimmt man also einmal direkt die Gewichtsabnahme eines Radiumpräparats und zählt die dabei ausgeschleuderten α-Teilchen, so bekommt man die Anzahl der Atome in einer bekannten Gewichtsmenge und damit die Zahl N.

Auf tiefen theoretischen Untersuchungen beruht die Bestimmung von N mit Hilfe der Strahlung des schwarzen Körpers. Das von Planck aufgestellte Gesetz der spektralen Energieverteilung dieser Strahlung hängt nämlich außer von dem Wirkungsquantum h, von dem wir nachher sprechen werden, noch von der Größe $k = \frac{R}{N}$ ab, wo R der oben eingeführte Umrechnungsfaktor, die „absolute Gaskonstante" pro Mol, ist; k bedeutet also die Zunahme der mittleren kinetischen Energie eines Moleküls pro 1^0 Temperaturerhöhung. Da R bekannt und k, ebenso wie h, aus Strahlungsmessungen bestimmbar ist, so hat man damit auch N.

Ehe wir den Zahlenwert angeben, besprechen wir die direkten Messungen von e. Die wichtigsten und sichersten beruhen auf der Beobachtung kleiner geladener Tröpfchen oder Staubteilchen unter der Wirkung eines bekannten elektrischen Feldes. Diese Teilchen sinken ohne Feld langsam zu Boden; durch das Feld aber können sie in Schwebe gehalten oder auch gehoben werden. Damit hat man ein äußerst empfindliches Elektrometer von winziger Kapazität. Es hat sich gezeigt, daß die Ladungen auf solchen Teilchen niemals ein kleinstes Quantum unterschreiten und immer Multipla dieses Quantums sind. Die genauesten Bestimmungen dieser Art sind von Millikan ausgeführt worden und ergaben:

$$e = 4{,}774 \text{ Elektrostat. Einh.}$$

Diesem Wert entspricht

$$N = 6{,}062 \cdot 10^{23}, \quad m = \frac{1{,}008}{N} = 1{,}663 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

in ausgezeichneter Übereinstimmung mit den oben erläuterten direkten Messungen von N. Es gibt aber auch noch andere, unabhängige Bestimmungen von e, z. B. mit Hilfe radioaktiver Strahlen. Rutherford hat in der oben erwähnten Weise die α-Teilchen gezählt und zugleich die gesamte, von ihnen transportierte Elektrizitätsmenge gemessen; daraus ergibt sich die Ladung eines α-Teilchens ($2e$).

Daß alle diese, so ganz verschiedenen Erscheinungen immer wieder auf dieselben Werte der atomaren Konstanten führen, ist die festeste Stütze für die Richtigkeit der Vorstellungen und Gesetze, die den Betrachtungen zugrunde liegen.

Wir haben nun die Masse des Elektrons μ zu erörtern. Gemessen wird stets ihr Verhältnis zur Elementarladung e; denn diese Größe $\frac{e}{\mu}$, die „spezifische Ladung" des Elektrons, ist es, durch die der Einfluß elektrischer und magnetischer Felder auf die Bewegung von Elektronen bestimmt wird. Man beobachtet die durch solche Felder erzeugten Ablenkungen von Kathoden- oder β-Strahlen, die Schwärme frei fliegender Elektronen darstellen; daraus erhält man den Wert

$$\frac{e}{\mu} = 5{,}31 \cdot 10^{17} \text{ elektrostat. Ladungseinh. pro g},$$

woraus sich mit dem oben angegebenen Wert von e

$$\mu = 9{,}00 \cdot 10^{-28} \text{ g}$$

berechnet. Die Elektronenmasse erweist sich also etwa 1800 mal so klein als die des leichtesten Atoms, des Wasserstoffs, für das wir oben $m = 1{,}66 \cdot 10^{-24}$ fanden.

Man kann aber auch zur $\frac{e}{\mu}$-Bestimmung Elektronenbewegungen im Innern der Atome nehmen; am besten eignet sich hierzu der Zeemaneffekt, d. h. die Aufspaltung von Spektrallinien im magnetischen Feld, die auf der Verzerrung der Elektronenbahnen durch das Feld beruht. Es ergeben sich hier und in anderen Fällen stets dieselben $\frac{e}{\mu}$-Werte; doch hängen diese optischen Methoden so stark von den feineren theoretischen Vorstellungen ab, daß man kaum mehr von einer „direkten" Bestimmung der Grundkonstanten sprechen kann. Wir kommen nachher auf diese Vorgänge zurück.

Man kennt auch Strahlen materieller Atome oder Moleküle, z. B. die schon mehrfach erwähnten α-Strahlen, ferner die sogenannten Kanalstrahlen und Anodenstrahlen. Durch elektromagnetische Ablenkung dieser Strahlen kann man $\frac{e}{M}$ messen, wo M die Masse des betreffenden Teilchens ist. Nimmt man z. B. Wasserstoff-Kanalstrahlen, so erhält man $\frac{e}{m} = eN = F$, die Faradaysche Konstante, also eine Größe, die auf anderem Wege mit viel größerer Genauigkeit gemessen werden kann. Darum spielt diese Methode zur Bestimmung der Grundkonstante m keine Rolle. Wohl aber erlaubt sie, die Masse anderer Atome oder Moleküle relativ zum Sauerstoff mit großer Genauigkeit festzulegen, und hieran knüpft sich eine der wichtigsten Entdeckungen der neueren Physik, nämlich die Wiederbelebung des alten Proutschen Gedankens von der Ganzzahligkeit der Atomgewichte. Angeregt von J. J. Thomson, besonders aber in den Händen von Dempster und Aston ist diese Methode so fein ausgebildet worden, daß die Genauigkeit der chemischen Atomgewichtsbestimmung überschritten worden ist. Zugleich zeigte sich, daß alle Elemente, deren chemisches Atomgewicht merklich von einer ganzen Zahl abwich, tatsächlich Gemische verschiedener Atomsorten, der „Isotopen", sind, deren jede genau ganzzahliges Atomgewicht hat. Hierauf beruht unsere Überzeugung, daß die Kerne aller Atome aus Protonen und Elektronen aufgebaut, dieses also die letzten Bausteine der Materie sind.

Als letzte der Grundkonstanten haben wir nun das Plancksche Wirkungsquantum h zu besprechen. Wir sagten schon oben, daß dieses bei der theoretischen

Deutung der Strahlung schwarzer Körper auftritt; bei den Versuchen, das Gesetz dieser Erscheinung aufzufinden, ist die Existenz der Größe h von Planck gefolgert worden. Und zwar lautete die Behauptung so, daß bei den Schwingungen der Atome, die die Wärmestrahlung erzeugen, eine Art Energieatom auftritt, dessen Größe von der Frequenz ν der betrachteten Schwingung abhängt, nämlich ihr proportional ist:

$$\varepsilon = h\nu.$$

Diese sonderbare Hypothese hat sich bei zahllosen anderen Erscheinungen bewährt und war schließlich berufen, die Grundvorstellungen der Physik tiefer umzugestalten, als je zuvor eine andere Theorie (einschließlich der Relativitätstheorie). Um ein Beispiel zu nennen, so beobachtet man beim Auffallen kurzwelligen Lichts auf gewisse Metalloberflächen im hohen Vakuum den Austritt von Elektronen (lichtelektrischer Effekt); dabei hat sich gezeigt, daß die kinetische Energie der Elektronen genau gleich $h\nu$ ist, wenn ν die Frequenz des auffallenden Lichts ist. Auch umgekehrt entsteht beim Bombardement von Metallflächen mit Elektronen kurzwelliges Licht, nämlich Röntgenstrahlen, dessen Frequenz durch die $h\nu$-Beziehung geregelt ist. Noch mehr: Wenn man Gasatome mit Elektronen bombardiert, so wird Licht einer bestimmten, dem Atom eigentümlichen Frequenz ν erzeugt, sobald die Energie der Elektronen den Betrag $h\nu$ überschreitet. Diese Entdeckung von Franck und Hertz ist eine der Grundlagen, auf denen sich die Bohrsche Theorie der Atome aufbaut.

Es verhält sich so, als ob das Licht selber nur in „Quanten“ der Größe $h\nu$ auftreten könne, ein Gedanke, den Einstein zuerst ausgesprochen und zur Deutung zahlreicher Erscheinungen benutzt hat. Alle diese Vorgänge erlauben, h mit beträchtlicher Genauigkeit zu bestimmen; man hat so den Wert

$$h = 6{,}54 \cdot 10^{-27} \text{ erg sec}$$

erhalten.

Die Versuche, das Wesen der Konstanten h zu ergründen, faßt man unter der Bezeichnung „Quantentheorie“ zusammen. Wenn diese Lehre auch heute noch keineswegs abgeschlossen ist, so kann man doch so viel sagen, daß es sich um eine Revolution handelt, die alle Gebiete der klassischen Theorie, Mechanik, Elektrodynamik nebst Optik, physikalische Statistik, erfaßt. So sind z. B. die klassischen Bewegungsgesetze der Mechanik nur grobe Näherungen, die durch Vernachlässigung gewisser Glieder in den wahren Gesetzen der Atommechanik zustande kommen; diese Glieder enthalten eben die Größe h als eine Naturkonstante in ähnlicher Weise, wie die Lichtgeschwindigkeit c in die Maxwellschen Gleichungen eingeht.

Diese Betrachtung leitet uns zum zweiten Teil unseres Programms über, in dem wir die Frage erörtern wollen, wie nun aus den als bekannt angenommenen Grundkonstanten c, h, e, μ, m die Eigenschaften aller möglichen Körper abgeleitet werden können. Hierzu ist natürlich notwendig, daß wir erstens wirklich im Besitze der exakten Gesetze sind, mit denen die Elektronen und Protonen aufeinander wirken, und daß zweitens unsere mathematischen Methoden ausreichen, um die Berechnung komplizierterer Gebilde und Vorgänge durchzuführen.

Was den ersten Punkt betrifft, so kann man heute recht optimistisch sein: die neuesten Formulierungen der Quantentheorie, die sog. Quantenmechanik, scheint in weitem Umfange das Richtige zu treffen; allerdings ist der mathematische Formalismus vorläufig vollkommener als die physikalische Interpretation der Formeln. Man kann nämlich das Wasserstoffatom und ähnliche, aus einem Kern und einem Elektron bestehenden einfachen Gebilde in allen ihren Eigenschaften exakt berechnen, vor allem die feinen Gesetze der Linienspektra, die diese Atome aussenden. Dabei werden tatsächlich immer nur unsere 5 Konstanten c, h, e, μ, m benutzt. Man weiß ferner, daß alle anderen Atome aus einer Anzahl Elektronen bestehen, die um einen „Kern“ laufen, der selbst ein sehr kompaktes Gebilde aus Protonen mit einigen Elektronen ist. Über die Mechanik des Kerns weiß man so gut wie nichts, wohl aber über die

Struktur der äußeren Elektronenhülle. Hier ist es Bohr gelungen, die allgemeinen Züge dieser Gebilde aufzuklären und damit das periodische System der chemischen Elemente verständlich zu machen. Das wesentliche Hilfsmittel dabei ist die Erforschung der Linienspektra, die immer wieder von dem Planckschen Gesetze Zeugnis ablegen, wonach die Frequenzen des emittierten oder absorbierten Lichtes, mit h multipliziert, die Energieänderungen des Atoms ergeben.

Ich will aber auf alle diese Probleme nicht näher eingehen, weil sie entsprechend der Wichtigkeit des Gegenstandes in einer besonderen Vorlesung von Dr. Hund behandelt werden. Nur so viel sei gesagt, daß es hier in der Tat möglich ist, die Atome (und manche Moleküle) wenigstens qualitativ aus den Grundelementen zu konstruieren. Sobald es aber an quantitative Berechnungen geht, so entstehen gewaltige mathematische Schwierigkeiten; selbst das zweit-einfachste Atom, das des Helium, bestehend aus einem Kern mit zwei Elektronen, ist noch nicht vollständig durchgerechnet worden.

2. Vorlesung.

Will man also nicht auf die ganze übrige Physik verzichten, so muß man von einem absolut strengen Aufbau absehen und sich mit halb empirischen Methoden behelfen. So hat man es immer schon gemacht. Das Verfahren besteht darin, gewisse einfache Größen für jedes Atom als besondere, empirisch bestimmbare Konstanten einzuführen und dann möglichst viele Eigenschaften des Atoms und seiner Wirkung auf andere Atome durch diese auszudrücken.

Eine der ältesten Größen dieser Art ist der „Durchmesser“ eines Atoms, wie ihn die kinetische Gastheorie im Zusammenhange mit dem Begriffe der „freien Weglänge“ zur Erklärung der irreversiblen Erscheinungen in Gasen definiert. Freilich, in Wirklichkeit ist der „Durchmesser“ sicher eine abgeleitete Größe, nämlich der Abstand, auf den die Kerne zweier sich begegnender (gleicher) Atome sich nähern können, und als solcher durch die Elektronenstruktur der beiden Atome in verwickelter Weise bestimmt. Aber für die relativ rohen Anforderungen der Gastheorie genügt dieser Begriff; das Atom wird dann wie eine elastische Kugel, ein Billardball, vorgestellt. Durch Messung der Wärmeleitung, inneren Reibung, Diffusion in Gasen kommt man immer auf die Größenordnung einiger 10^{-8} cm für die Durchmesser σ von Atomen und Molekülen, z. B. für die Edelgase

He	$\sigma = 1{,}9 \cdot 10^{-8}$ cm
Ne	2,3
A	2,8
Kr	3,2
X	3,5.

Wenn man diese Zahlen auch nicht streng aus der Atomstruktur ableiten kann, so ist doch wichtig nachzusehen, daß die Größenordnung vernünftig ist. Das ist in der Tat der Fall, denn die strenge Theorie des Wasserstoffatoms liefert für den Durchmesser der Bahn den Ausdruck

$$\sigma = \frac{h^2}{2\pi^2 e^2 \mu},$$

der für die angegebenen Zahlenwerte von e, μ, h den Betrag $\sigma = 0{,}5 \cdot 10^{-8}$ cm hat.

Die Kenntnis der Durchmesser erlaubt, alle wesentlichen Eigenschaften der Gase abzuleiten. Aber streng genommen kann es sich gar nicht um wirkliche Konstanten handeln; bei höherer Temperatur, also höherer Geschwindigkeit, werden sich zwei zusammenstoßende Atome mehr annähern, σ wird also kleiner erscheinen. Man wird also zu einer besseren Darstellung der Erscheinungen gelangen, wenn man die Gasatome gewissermaßen ein wenig kompressibel annimmt. Dies geschieht am besten, indem man eine von der Entfernung r der Kerne abhängige Abstoßungskraft ansetzt, etwa als Potenzgesetz für die potentielle Energie von der Form

$$\left(\frac{r_0}{r}\right)^n.$$

Dann ist r_0 ein Ersatz für den „Durchmesser". Die neuere Entwicklung der Gastheorie (Enskog, Chapman) rechnet in der Tat mit solchen Gesetzen. Diese bewähren sich aber, wie ich zeigen konnte, auch auf einem ganz anderen Gebiete, nämlich in der Theorie der einfachen Salzkristalle. Man weiß, daß z. B. Kochsalz aus den Ionen Na^+ und Cl^- aufgebaut ist. Nun folgt Na im periodischen System auf das Edelgas Ne, hat also ein Elektron mehr; das Na^+ hat dieses Elektron verloren, wird also dieselbe Struktur haben wie das neutrale Ne-Atom, nur etwas kleiner wegen der um 1 größeren Kernladung. Ebenso steht Cl vor dem Edelgas A, also wird Cl^- in ähnlicher Weise argonähnlich sein. Daher wird zwischen den beiden Ionen Na^+ und Cl^- eine Abstoßungskraft derselben Art und Größenordnung bestehen, wie zwischen den neutralen Atomen Ne und A. Außerdem aber ziehen sich die Ionen nach dem Coulombschen Gesetz mit der potentiellen Energie

$$-\frac{e^2}{r}$$

an; im ganzen hat man also zwischen ihnen eine potentielle Energie vom Typus

$$-\frac{e^2}{r}+\frac{r_0^n}{r^n}.$$

In der Tat gelingt es nun, mit Hilfe dieses Ansatzes die Eigenschaften der Salzkristalle, vor allem Dichte, Kompressibilität, zu berechnen, im wesentlichen auf Grund von Messungen über die Eigenschaften der Edelgase. Der Exponent n ergibt sich dabei zwischen 9 und 11, die Größe r_0 von der Ordnung $5 \cdot 10^{-8}$ cm bis $10 \cdot 10^{-8}$ cm (Lenard-Jones). Besonders wichtig ist, daß man auf diese Weise auch Werte für die Bildungswärme dieser Verbindungen aus den Ionen erhält, einer der wenigen Fälle, wo eine theoretische Berechnung chemischer Wärmetönungen möglich ist. Diese Zahlen dienen dann zum Ausgangspunkt von energetischen Abschätzungen, durch die Licht auf manche chemischen Verhältnisse geworfen wird.

Handelt es sich bei diesen Ansätzen um Kräfte zwischen den Atomen, die nach allen Seiten gleichförmig wirken, so muß man in anderen Fällen einseitige Wirkungen in Betracht ziehen. Die einfachste Erscheinung dieser Art ist die Deformation, die ein Atom (oder Molekül) in einem homogenen elektrischen Felde erleidet; diese ist gewöhnlich mit einer Verschiebung des elektrischen Zentrums der Elektronen gegen den Kern verbunden, also mit einer elektrischen Polarisation, einem „induzierten Dipol". Das elektrische Moment p dieses Dipols wird dem erzeugenden Feld E proportional sein:

$$p = \alpha E.$$

Der Faktor α ist ein Maß für die „Polarisierbarkeit" des Atoms und wird (vorbehaltlich seiner späteren Berechnung aus der Elektronenstruktur) als neue Atomkonstante eingeführt.

α ist bei einatomigen Gasen direkt meßbar. Die Polarisationen der einzelnen Atome setzen sich nämlich zu einer Polarisation des ganzen Gases zusammen, das pro Mol das elektrische Moment

$$P = Np = N\alpha E$$

hat. Nun ist aber bekanntlich

$$\varepsilon = 1 + \frac{4\pi P}{E} = 1 + 4\pi N\alpha$$

die Dielektrizitätskonstante, eine direkt meßbare Größe; also läßt sich

$$\alpha = \frac{\varepsilon - 1}{4\pi N}$$

bestimmen. Statt der Dielektrizitätskonstante kann man auch das Quadrat des Brechungsindex n für sehr langwelliges (ultrarotes) Licht nehmen; denn bei langsamen Schwingungen können die Elektronen dem Felde ohne Verzögerung durch ihre Massenträgheit folgen, daher gilt das Maxwellsche Gesetz

$$n^2 = \varepsilon.$$

Die Größe α hat die Dimension eines Volumens und ist von dem Atomvolumen nicht sehr verschieden, also von der Ordnung 10^{-24} cm³. Sie läßt sich auch aus der Dielektrizitätskonstante oder dem Brechungsindex von Flüssigkeiten oder festen Körpern ableiten; nur muß man dann auf die wechselseitige Beeinflussung der Polarisation der Atome infolge ihrer großen Nähe Rücksicht nehmen. Eine einfache Überlegung zeigt, daß dann an die Stelle der oben angegebenen Formel für α die folgende zu treten hat:

$$\alpha = \frac{3}{4\pi N} \cdot \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2}.$$

Der rechts stehende Ausdruck soll also eine Atomkonstante sein, d. h. er soll nicht von physikalischen Änderungen (z. B. der Dichte, des Aggregatzustandes) abhängen und der additiven Mischungsregel folgen. Dieser schon lange von Clausius und Mosotti aufgestellte Satz ist tatsächlich mit guter Annäherung erfüllt. Ersetzt man darin ε durch n^2, so erhält man die sogenannte „Lorentz-Lorenzsche Formel"; man nennt den Ausdruck rechter Hand auch „Molrefraktion".

Mit Hilfe dieser Formel kann man α für sehr viele Atome, Moleküle und Ionen bestimmen. So erhält man z. B. aus den Molrefraktionen der Salzkristalle die α-Werte der edelgasartigen Ionen, von denen wir oben gesprochen haben; man findet, daß diese innerhalb einer Reihe gleichmäßig abfallen, entsprechend der mit wachsender Kernladung immer fester werdenden Bindung der Elektronen. So hat man z. B. für die Ne-ähnliche Reihe:

	F^-	Ne	Na^+	Mg^{++}	Al^{+++}	Si^{++++}
$\alpha =$	0,99	0,39	0,21	0,12	0,065	$0{,}043 \cdot 10^{-24}$ cm³.

Diese Zahlen lassen sich nun mit mancherlei anderen Körpereigenschaften in Verbindung bringen. Betrachten wir z. B. die Linienspektren der Alkalien, etwa des Na; diese bestehen aus Serien von Linien von ähnlicher Anordnung, wie die bekannte Balmerserie des Wasserstoffatoms. Das ist auch verständlich; denn wie beim H-Atom ein Elektron um den Kern umläuft, so haben wir beim Na ein locker gebundenes Elektron, das um einen Ne-artigen Atomrest, das Na^+-Ion, umläuft. Der Unterschied ist nur, daß der H-Kern (das Proton) ein Elementarteilchen ist, der Ne-artige Na^+-Rumpf aber ein kompliziertes, also deformierbares Gebilde. Die Deformierbarkeit des Na^+-Ions wird aber gerade durch die in obiger Tabelle angegebene Zahl $\alpha = 0{,}21 \cdot 10^{-24}$ cm³ gemessen. Man wird daher die Verschiebung der Linien des Na-Spektrums gegen die entsprechenden des H-Spektrums mit Hilfe dieses α-Wertes abschätzen können, indem man annimmt, daß das umlaufende Elektron den Rumpf nahezu homogen deformiert und durch den entstehenden Dipol nun wieder in seiner Bahn ein wenig gestört wird. Die Rechnung hat diese Vermutung bestätigt und mancherlei Einblick in die feineren Zusammenhänge der Spektrallinien gewährt.

Eine andere Anwendung besteht in der Berechnung polarer Moleküle (Salzmoleküle) und Radikale. Während nämlich in den hoch symmetrischen Kristallgittern jedes Atom oder Ion von den Nachbarn so regelmäßig umgeben ist, daß es keine einseitig wirkenden Kräfte erfährt, sind in Molekülen eines Salzdampfes (wie NaCl) oder in Radikalen (wie CO_3^{--}) gerichtete Wechselwirkungen zu erwarten. Diese werden näherungsweise durch die induzierten Dipole, also durch die Konstanten α, bestimmt sein. Indem man dies berücksichtigt, kann man zu recht brauchbaren Formeln für die Gleichgewichtsabstände, die Energie, die Schwingungen solcher Gebilde kommen. Von Interesse sind besonders die Schwingungen der Radikalionen, da diese als ultrarote Absorptionsstreifen in Kristallen beobachtet werden können; so haben z. B. nach Schäfer und Schubert die Karbonate (wie Kalkspat $CaCO_3$) drei ultrarote Eigenschwingungen von der ungefähren Wellenlänge 6,5 μ, 11,5 μ und 14,5 μ. Denkt man sich nun die O-Atome (besser O^{--}-Ionen) in den Ecken eines regulären Tetraeders mit C als Mittelpunkt, so kann man, wie Kornfeld gezeigt hat, nicht nur die Dreizahl

der Schwingungen ableiten, sondern auch ihre Wellenlängen und Schwingungsrichtungen durch das Modell verständlich machen.

Noch in einem ganz anderen Gebiete spielt die Größe α eine wesentliche Rolle, nämlich in der Lehre von der Zustandsgleichung der Gase. Wir haben oben gesehen, daß man das Eigenvolumen der Gasatome (oder Moleküle) in neuerer Zeit durch eine Abstoßungskraft $\left(\frac{r_0}{r}\right)^n$ in Rechnung setzt; diese wird erst bei großer Annäherung („Berührung“) wirksam, da der Exponent n ziemlich große Werte hat (wir fanden ihn bei Edelgasen zwischen 9 und 11). Aber auch in größerem Abstande wirken die Atome aufeinander, und zwar anziehend; es handelt sich um die von van der Waals eingeführte Kohäsionskraft, die bei hinreichend tiefen Temperaturen zur Kondensation des Gases führt. Ich erinnere Sie an die van der Waalssche Zustandsgleichung (p = Druck, v = Volumen, T = Temperatur):

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT.$$

Die „Volumkorrektion“ b hängt von dem Eigenvolumen oder der Abstoßungskraft $\left(\frac{r_0}{r}\right)^n$ ab; die Druckkorrektion $a\,v^{-2}$ von den eben genannten Kohäsionskräften. Welches ist nun der Ursprung dieser Kräfte?

Eine allgemeine Antwort auf diese Frage scheint es nicht zu geben; man kennt mancherlei mögliche Ursachen für Anziehungen zwischen Atomen auf weite Entfernungen. Hier wollen wir einen von Debye erörterten Fall ins Auge fassen, der z. B. bei den Edelgasen verwirklicht ist. Jedes Edelgasatom ist elektrisch neutral; in größerer Entfernung geht von ihm also kein elektrisches Feld aus. Wohl aber in kürzeren Entfernungen, die mit den Durchmessern der Elektronenbahnen im Atom noch vergleichbar sind. Entwickelt man das elektrostatische Potential einer beliebigen Ladungsverteilung nach Potenzen von r^{-1}, so bekommt man eine Reihe der Form

$$\varphi = \frac{e}{r} + \frac{p}{r^2} + \frac{q}{r^3} + \cdots$$

Hier ist e die Summe der Ladungen, verschwindet also für neutrale Gebilde. p ist der Abstand des Zentrums der positiven Ladungen von dem der negativen, der „resultierende Dipol“; auch dieser verschwindet bei allen Atomen, wie Schlüsse zeigen, von denen wir sogleich sprechen werden. q wird als resultierender „Quadrupol“ bezeichnet; dieser verschwindet bei den Atomen im allgemeinen nicht mehr. Daher geht von ihnen ein Feld aus, dessen Potential wie r^{-3}, das selbst also wie r^{-4} abnimmt, d. h. nicht besonders schnell. Kommt nun ein anderes Atom in den Bereich dieses Feldes, wird es entsprechend seinem α-Werte polarisiert, der induzierte Dipol wird angezogen. Hier haben wir die Deutung der Kohäsion. Sie hängt außer von α noch von den Konstanten des Quadrupols q ab; diese bilden eine neue Gruppe von Atomkonstanten, die ihrerseits wiederum andere Vorgänge bestimmen.

Wir sagten soeben, daß der resultierende Dipol p bei den Atomen verschwindet. Daß das so ist, folgt aus feineren Überlegungen über die Mechanik der Elektronenbahnen im Atom; diese wirbeln nämlich derart nach allen Seiten herum, daß das elektrische Zentrum der Elektronen im Mittel mit dem Kern zusammenfällt. Man kann dies auch durch Betrachtung der empirischen Spektren belegen.

Bei Molekülen dagegen existiert häufig ein resultierender Dipol; d. h. die elektrischen Zentren der positiven und negativen Ladungen fallen nicht zusammen. Man denke etwa an Gase wie HCl, die leicht in die Ionen H^+ und Cl^- zerfallen; die Elektronen können sich nicht gleichmäßig um die beiden ganz verschieden geladenen Kerne der beiden Atome gruppieren (wie sie es vermutlich im H_2-Molekül tun); eine unsymmetrische Anordnung aber ist einem Dipol äquivalent. Die Existenz dieser permanenten Dipole läßt sich nach Debye nachweisen und ihre Größe messen, und

zwar wieder mit Hilfe der Molrefraktion. Ein Dipolmolekül wird nämlich in einem elektrischen Felde sich nicht nur polarisieren, sondern auch das Bestreben haben, den Dipol in die Feldrichtung zu drehen. Dem aber wirkt die Temperaturbewegung entgegen, die immer wieder die vollständige Unordnung der Dipolrichtungen herzustellen sucht. Nur bei ganz tiefen Temperaturen könnte sich die Einstellung vollziehen; dann würde zu dem induzierten Moment αE noch das permanente p_o voll hinzutreten, wenn das Gas nicht gefrieren würde. Bei höheren Temperaturen wird nur ein Teil von p_o wirksam; und zwar findet man näherungsweise bei hohen Temperaturen

$$p = \left(\alpha + \frac{p_o^2}{3kT}\right) E,$$

wo k die oben erwähnte Boltzmannsche Konstante ist. Hieraus folgt wie früher

$$\varepsilon = 1 + \frac{4\pi P}{E} = 1 + \frac{4\pi N p}{E}$$
$$= 1 + 4\pi N\alpha + \frac{4\pi N p_o^2}{3kT}$$

Die Dielektrizitätskonstante bekommt also bei Dipolgasen ein von der Temperatur abhängiges Glied. Dies ist nun tatsächlich bei den polaren Molekülen der Fall, und durch Messung dieses Effekts kann man die Konstante p_o bestimmen. Man hat z. B. gefunden:

Kohlenoxyd	CO	$p_o = 0{,}118 \cdot 10^{-18}$ el.-stat. Einh. mal cm
Kohlendioxyd	CO_2	0,142
Ammoniak	NH_3	1,53
Wasser	H_2O	1,87
Chlorwasserstoff . . .	HCl	2,15
Methylalkohol	C_3H_3OH	1,64

Die Größenordnung ist sofort verständlich; denn das Moment eines Dipols ist von der Dimension Ladung mal Entfernung, wobei man für erstere die Größenordnung der Elementarladung $e = 4{,}77 \cdot 10^{-10}$ el. stat. E., für letztere die der atomaren Dimensionen 10^{-8} cm zu nehmen hat. Man erhält also ein Produkt von der Ordnung 10^{-18} el. stat. E. $\times$ cm.

Diese Dipole sind neuerdings direkt nachgewiesen worden nach einer Methode, die Stern und Gerlach ursprünglich zum Nachweis paramagnetischer Momente von Atomen ersonnen hatten. Man erzeugt sich einen Strahl von Molekülen, die aus einem Gasraum durch eine feine Öffnung in ein Hochvakuum austreten. Dort durchfliegen sie ein inhomogenes elektrisches Feld, das an den um etwa 10^{-8} cm entfernten Polen jedes molekularen Dipols schon merklich verschieden ist; daher erzeugt es eine ablenkende Kraft, und aus der Größe der Ablenkung kann man auf das Moment des Dipols schließen (Wrede).

Zahlreiche physikalische Erscheinungen hängen von den Dipolen ab. Debye hat z. B. die anomale Dispersion, die viele Flüssigkeiten bei elektrischen Wellen in der Gegend von 1 cm Wellenlänge zeigen, dadurch zu erklären vermocht, daß er die durch das Wechselfeld verursachten Drehungen der Dipole in Rechnung zog; dabei werden die Drehungen immer etwas der momentanen Feldstärke nachhinken, denn die Temperaturbewegung stellt eine Art Reibungswiderstand dar, und dadurch entsteht eine Phasenveränderung der Welle, eben jene anomale Dispersion.

Diese Drehungen der Dipole lassen sich wiederum direkt mechanisch nachweisen, wie Lertes auf meine Anregung hin gezeigt hat. Er hing eine mit Flüssigkeit gefüllte Kugel in ein elektrisches Feld, dessen Richtung durch geeignete Schaltung in äußerst rasche Rotation um die Vertikale versetzt werden konnte. Dabei suchen die Dipolmoleküle der Flüssigkeit dieser Drehung zu folgen; wegen des genannten Reibungseffekts überträgt sich ein Teil dieser molekularen Rotationen auf die ganze Flüssig-

keitsmasse und setzt diese in Drehbewegung. Es gelang nach Abtrennung ähnlicher, auf der Leitfähigkeit beruhender Dreheffekte, die Drehwirkung der Dipole deutlich nachzuweisen.

Dieser Dreheffekt der Dipole spielt eine Rolle in einem großen, wichtigen Gebiete der physikalischen Chemie, bei den elektrolytischen Lösungen. Wenn nämlich ein Ion im elektrischen Spannungsgefälle durch Wasser wandert, so werden die Wassermoleküle, die nach obiger Tabelle beträchtliche Dipole tragen, unter der Wirkung des stark inhomogenen Feldes der Ionenladung sich mit ihrem positiven Ende dem Ion zudrehen. Das vorrückende Ion wird also eine dauernde Drehung der benachbarten Wassermoleküle erzeugen, ähnlich wie einem, die Front einer Abteilung abschreitenden Offizier beim Kommando „Augen rechts“ die Köpfe der Soldaten folgen. Dieser Drehung aber wirkt die Reibung entgegen und verzehrt die Energie. So kommt ein Energieverlust, also ein Widerstand gegen die Ionenbewegung zustande, der offenbar um so größer ist, je stärker das Feld des Ions ist. Bei gleicher Ladung wird der Effekt also bei kleinen Ionen größer sein. Dies erklärt, warum z. B. in der nach wachsendem Volumen geordneten Reihe der Alkaliionen Li^+, Na^+, K^+, Rb^+, Cs^+ die kleineren Ionen langsamer wandern als die größeren, das kleinste Li^+ am langsamsten.

Aber dies ist nur ein geringfügiger Teil des großen Erscheinungsgebiets der Elektrolyse. Wir können auf dieses nur ganz kurz eingehen und wollen an ein paar Punkten erläutern, wie hier die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen im Grunde auf quantitativen Unterschieden der wenigen Atomkonstanten beruht. Da ist zuerst die Tatsache, daß Wasser und andere Dipolflüssigkeiten besonders geeignete Lösungsmittel sind, in denen vollständiger Zerfall der gelösten Moleküle in Ionen eintritt. Verständlich wird dies durch das hohe Dipolmoment des Wassers, verbunden mit der starken Polarisierbarkeit des O-Atoms in der Verbindung H_2O. Diese beiden Umstände bewirken, daß Wasser die höchste bekannte Dielektrizitätskonstante hat, $\varepsilon = 81$. In einer Umgebung hoher Dielektrizitätskonstante werden aber die elektrischen Kräfte im Verhältnis $1 : \varepsilon$ vermindert; so versteht man, daß im Wasser ein Zerfall in Ionen besonders leicht eintritt.

Jenes Ion bindet eine Anzahl Wasserdipole durch sein Feld an sich (Hydratation); hierdurch wird die Bewegungsfreiheit der Wassermoleküle herabgesetzt, was sich in mancherlei Erscheinungen, z. B. einer Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Ionenkonzentration, äußert (Zwicky).

Eine andere Gruppe von Erscheinungen, die von der Konzentration abhängen, sind die Gefrierpunktserniedrigung, Siedepunktserhöhung, kurz die mit dem osmotischen Druck zusammenhängenden Eigenschaften der Lösungen.

Während bei den gewöhnlichen Lösungen hier sehr einfache thermodynamische Gesetze gelten, findet man bei den Elektrolyten merkwürdige und verwickelte Verhältnisse. Früher suchte man dies durch die Annahme zu erklären, daß sich der Dissoziationsgrad mit der Konzentration ändere. Aber diese Erklärung versagt in ganz grober Weise schon in den einfachsten Fällen. Milner hat zuerst bemerkt, daß man die Anziehungen und Abstoßungen auf Grund der Ionenladungen berücksichtigen muß; dadurch werden die thermodynamischen Verhältnisse viel verwickelter. Diese Theorie ist besonders von Debye und Hückel weit ausgearbeitet worden. Es gelingt damit, die Gesetze der elektrolytischen Lösungen weitgehend aufzuklären, und zwar wird dabei in erster Annäherung keine andere Atomkonstante benutzt als die Elementarladung e, in zweiter Näherung sodann eine Größe von der Art des Ionendurchmessers. Auch die Abhängigkeit der Ionenbeweglichkeit von der Konzentration läßt sich so behandeln.

Das Wasser ist übrigens nicht nur als elektrolytisches Lösungsmittel, sondern auch in vielen anderen Beziehungen eine anomale Flüssigkeit. Die Chemiker haben festgestellt, daß dies wesentlich mit der Assoziation der Wassermoleküle zusammen-

hängt; diese setzen sich zu festen Gruppen zusammen. Auch dies ist verständlich auf Grund der Dipole; denn Dipole haben das Bestreben, sich so aneinander zu legen, daß ein +Pol des einen an einen −Pol des andern stößt. Dabei entstehen leicht geschlossene Ketten, deren Gesamtmoment verschwindet; in der Tat kann man diesen Effekt, der die Anzahl der Dipole herabsetzt, aus dem Gange der Dielektrizitätskonstante mit der Temperatur herauslesen.

Wenn wir hier die Struktur der Moleküle mehrfach betrachtet haben, so dürfen wir nicht vergessen, das wichtigste Hilfsmittel zu ihrer Erforschung zu erwähnen, die Bandenspektra. Doch verbietet sich ein näheres Eingehen, ebenso wie bei den Linienspektren, durch die Menge der Erscheinungen und die Verwickeltheit ihrer theoretischen Deutung. Nur so viel sei gesagt, daß der Abstand der Atomkerne in einer zweiatomigen Verbindung mit großer Genauigkeit aus den Linienabständen der Banden abgelesen werden kann; er fällt wieder in die Größenordnung 10^{-8} cm aller molekularen Dimensionen. Ferner läßt sich die Schwingungszahl der Atome gegeneinander bestimmen, die einer ultraroten Wellenlänge entspricht, und weiter feinere Eigenschaften der die Atome zusammenhaltenden Kräfte. Vor allem war es möglich, die chemisch so wichtige Dissoziationsenergie für zahlreiche Gase mit „optischer Genauigkeit“ festzulegen.

Die hier gegebene Aufzählung einfacher Atom- und Molekül-Konstanten und ihrer Bedeutung für die Eigenschaften der Substanzen ist natürlich nur ein kleiner Ausschnitt aus den Ergebnissen der Forschung. So habe ich z. B. die magnetischen Eigenschaften der Körper gar nicht erwähnt. Das Ziel war zu zeigen, daß heute die ideale Zurückführung aller Körpereigenschaften auf die universellen Konstanten des Protons und des Elektrons zwar noch nicht gelungen, wohl aber angebahnt ist, und daß man vorläufig weite Erscheinungsgebiete beherrscht mit Hilfe einer geringen Zahl von Konstanten, die den Atomen (oder Molekülen) zugehören.

Schlußübersicht der Newtonschen Dynamik auf der Oberstufe höherer Schulen.

Von Dr. **Friedrich C. G. Müller** in Berlin-Lichterfelde.

§ 1. Kraft und Masse sind undefinierbare Grundvorstellungen; erstere hervorgegangen aus dem Gefühl der Muskelanstrengung, letztere aus der Abschätzung von Nahrungs- und Bekleidungsstoffen nach dem Raummaß oder der Anzahl gleicher Stücke. Später, aber immer noch zur Urzeit menschlicher Kultur, setzte sich die Erkenntnis durch, daß der Druck aller Körper auf die Unterlage etwas Gleichartiges sei, wie der Druck oder Zug der Hand, und zugleich ein Maß für die Menge bestimmter Stoffe. Seitdem sollten Jahrtausende verfließen, bis die Begründer der wissenschaftlichen Mechanik, Galilei und Newton, Kraft und Masse im Rahmen der Raum- und Zeitvorstellung in Zusammenhang brachten. Das erste dynamische Grundgesetz betrifft das durch die berühmte Formel $b = k/m$ mittels Längen- und Zeitmessung feststellbare Verhältnis der beiden Grundgrößen. Deren begriffliche Selbständigkeit bleibt gleichwohl bestehen. Kann man doch ebensowohl $m = k/b$ wie $k = b \cdot m$ schreiben. Die neuere Physik hat aber aus triftigen Gründen Masse als Urgröße festgesetzt und als willkürliche Einheit derselben die Masse eines Kubikzentimeters Wasser bei $+ 4^0$. Dann erscheint die absolute Krafteinheit, das Dyn, als abgeleitet.

Es ist Aufgabe der Lehrkunst, den vollen Inhalt der einfachen Formel $b = k/m$ gründlich auszuschöpfen. Vorweg ist zu betonen, daß für diese, wie für alle dynamischen Formeln, eine vollkommen freie Beweglichkeit der Masse vorausgesetzt wird, wie sie den Himmelskörpern wohl zukommt, bei irdischen Bewegungsvorgängen und Experimenten aber nur näherungsweise erreichbar ist.

Die Formel sagt, daß, wenn die Beschleunigung gleich Null, auch die Kraft Null sein muß. Diese Null kann aber eine algebraische Summe sein. Bei einem auf dem Tische liegenden Körper ist die beschleunigende Kraft trotz der Schwere dennoch gleich Null, weil die elastische Spannung der Tischplatte mit gleicher Stärke nach oben wirkt. Am gleichmäßig fahrenden Schiff oder Eisenbahnzug wird die vorwärts treibende Kraft der Maschine durch den Widerstand des Mittels oder der Reibung gerade aufgehoben. Immer muß sich, wenn eine Masse sich unter Einfluß einer nachweislichen Kraft nicht beschleunigt, eine entsprechende Gegenkraft auffinden lassen.

Andererseits setzt eine große vorhandene oder beabsichtigte Beschleunigung einer Masse eine entsprechend große Kraft voraus. Besonders beachtenswert sind die bei stoßweiser Erzeugung oder Vernichtung von großen Geschwindigkeiten auftretenden ungeheuren Kräfte. Aus der Fülle von Beispielen und Versuchen seien besonders die Wirkung von Hammer und Amboß, sowie die Erzeugung und Vernichtung von Geschoßenergie beachtet. Ein zeitloser Stoß ist physisch unmöglich.

Es bleibt unabweislich festzuhalten, daß eine Masse als solche nur Angriffspunkt von Kräften, nimmermehr aber selbst eine Kraft ist. Die sprachlichen Ausdrücke Trägheit, Trägheitswiderstand, lebendige Kraft sind irreführend und lediglich eingegeben von dem dunklen Drange, die Natur zu vermenschlichen. Massen leisten keinen Widerstand, sondern bestimmen lediglich den Wert der Beschleunigung gegenüber einer angreifenden Kraft. Ebensowenig steckt in ihnen eine vis inertiae. Vielmehr muß umgekehrt an einer bewegten Masse Arbeit geleistet werden, um ihre Geschwindigkeit zu vermindern oder auf Null zu bringen. Ein Bahnhofsarbeiter, welcher beim Anschieben eines Wagens sicher ist, daß er seine Muskelkraft einsetzt, wird beim Aufhalten eines bewegten Wagens das Gefühl haben, daß der Wagen ihn zurückdrängt. Gleichwohl ist er es, der seine Kraft dem Wagen entgegensetzt. Eine ähnliche Verwechslung von Ursache und Wirkung bekunden Sätze wie: Das Geschoß durchschlägt eine Panzerplatte, der Rammbär treibt den Pfahl in den Boden. Denn ist es nicht die Panzerplatte, welche die Geschwindigkeit der Geschoßmasse binnen ein Zehntausendstel Sekunde auf Null bringen soll? Wenn sie aber die dazu erforderliche ungeheure Kraft nicht hergeben kann, wird das Geschoß, allerdings mit verminderter Geschwindigkeit, weiter fliegen. Daß dabei ein Loch entsteht, ist, dynamisch betrachtet, nur eine Nebenerscheinung. Trotz solcher Überlegung mögen Ausdrücke, wie Durchschlagskraft oder Wucht, für die äußerliche Beschreibung dieser mechanischen Vorgänge auch weiterhin ihr Bürgerrecht behalten und den Stil beleben und schmücken, ähnlich wie man von der Sonne sagt, sie geht auf und unter. Der Schüler aber soll angehalten sein, sich das Bildliche dieser Redewendungen fort zu denken.

Genau wie der Widerstand der Trägheit ist auch die sogenannte Fliehkraft nur eingebildet. Ein am Arm im Kreise umgeschwungener Körper scheint einen Zug nach außen auszuüben, während in Wirklichkeit die Spannung der Armmuskeln die stetige Ablenkung von der geradlinigen Richtung erzwingt. Wann sich immer eine Masse auf krummer Bahn bewegt, muß sie einer nach dem Krümmungsmittelpunkt hin gerichteten Kraft von der Größe mc^2/r unterliegen. Gleichwohl wird das Wort Zentrifugalkraft beibehalten werden, und selbst in wissenschaftlichen Lehrbüchern wird man lesen können von der Resultierenden aus Schwere und Fliehkraft, in welche sich das Zentrifugalpendel oder der eine Kurve durchfahrende Radfahrer einstellt.

Damit befinden wir uns bereits im Bereich des mit dem Trägheitsgesetz so eng verbundenen zweiten Grundgesetzes Newtons, wonach die von der Formel $b = k/m$ geforderte Beschleunigung unabhängig von einer schon vorhandenen Geschwindigkeit oder Beschleunigung der Masse voll zum Vorschein kommt. Den anschaulichsten Beweis dafür ergeben die Gesetze des parabolischen Wurfes. Von höchster Bedeutung ist der aus den beiden Grundgesetzen unmittelbar hervorgehende Satz vom Parallelogramm der Kräfte. Leider ist dessen direkte Bestätigung noch eine ungelöste Aufgabe schulgerechter Experimentierkunst, wogegen das statische Grundgesetz vom Gleichgewicht

dreier Kräfte nicht nur aufs beste und vielseitigste bestätigt werden kann, sondern auch auf induktivem Wege ableitbar ist.

§ 2. Während die beiden ersten Grundgesetze Newtons unter Kraft nur eine gedachte Ursache verstehen, ohne welche eine Beschleunigung physischer Massen niemals eintreten kann, enthält das als Prinzip der Wirkung und Gegenwirkung benannte dritte Grundgesetz eine allgemein gültige Aussage über die in der Natur wirklich auftretenden Kräfte. Diese sind allesamt doppelt wirkend: Wann und wo immer eine Masse beschleunigt wird, ist mindestens noch eine zweite Masse außer ihr vorhanden, die mit gleich großer Kraft, aber in entgegengesetzter Richtung, angetrieben wird. Dabei müssen sich die Bewegungsgrößen gedachter Massen in jedem Zeitteilchen um den gleichen Betrag vermehren oder vermindern, so daß, abgesehen vom Vorzeichen, immer $m_1 c_1 = m_2 c_2$ ist. Unter Einführung des Schwerpunktbegriffes kann dieses Gesetz auch so ausgesprochen werden: Der gemeinsame Schwerpunkt zweier Massen erleidet durch eine gegenseitige Kraft keine Veränderung seines Bewegungszustandes.

Das Grundgesetz der Wirkung und Gegenwirkung läßt sich im Unterricht nicht nur durch Hinweis auf viele technische Vorgänge, sondern auch durch mancherlei Experimente ausreichend klar und anschaulich machen. Als Kräfte kommen dabei zunächst die körperlichen Kraftorgane, wie Muskeln, Federn, gespannte Gase zur Verwendung. Sehr geeignet sind Schraubenfedern; und zwar einmal eine aus 400 engen Windungen feinen Drahtes, die ohne Schaden auf 2 m Länge ausziehbar ist, zweitens eine 4 cm lange Sprungfeder aus stärkerem Draht. Als Massen dienen rechteckige, auf Rädern laufende Holzklötze von 200 g Gewicht. Die Radsätze bestehen aus 4 cm großen Holz- oder Blechscheiben, welche auf den Enden von 7 cm langem Stricknadeldraht befestigt sind, der in Sägeschnitten der Klötze umläuft. Die Rollbahn wird gebildet durch zwei aneinander gelegte schmale, 1 m lange, ebene Bretter, denen man beim Experimentieren durch dünne Unterlagen eine dem Reibungswinkel entsprechende Neigung in der Bewegungsrichtung erteilt. Bei der einen Versuchgruppe werden die mit der Zugfeder verbundenen Wagen freihändig weit auseinander gezogen und gleichzeitig losgelassen, bei der anderen Gruppe wird die kurze Sprungfeder auf der Stirnfläche des einen Wagens befestigt und durch Herandrücken des anderen gespannt. Eine um Stifte gelegte Fadenschlinge hält die Massen vorläufig in Stellung. Aber beim Abbrennen des Fadens erhalten sie den gleichzeitigen Anstoß. Alle Versuche ergeben, daß die in bestimmter Zeit zurückgelegten Wege sich umgekehrt wie die Massen verhalten. Jede der Massen kann durch aufgesetzte Gewichte nach Wunsch vergrößert werden.

Die nur an einem Wagen befestigte Feder ist natürlich ohne Wirkung. Was tritt aber ein, wenn das andere Federende an einem Haken befestigt wird oder gegen ein festes Widerlager drückt? Offenbar ist nun die nach dem Prinzip geforderte Gegenmasse die des Erdballs, und diese wird auch eine entgegengerichtete gleiche Bewegungsgröße erhalten. Anschließend ist darauf hinzuweisen, daß in den zahllosen Fällen, wo eine anscheinend einseitige Kraft auftritt, wie beim Schieben oder Aufhalten eines Wagens, beim Abstoßen eines Kahns, beim Hochspringen, beim Schleudern eines Speers, immer die Erde als Gegenmasse zu betrachten ist.

Zu der Veranschaulichung des Prinzips der Wirkung und Gegenwirkung an Vorgängen technischer Art, wie solche durch körperliche Kraftorgane hervorgerufen werden, gesellt sich naturgemäß auch eine Betrachtung der alltäglichen Fallbewegung als der Wirkung einer unkörperlichen Zugkraft. Ein Stein beharre, an einem Faden aufgehängt, im statischen Gleichgewicht. Beim Abbrennen des Fadens erhält er eine Beschleunigung nach abwärts. Es muß also nach dieser Richtung hin eine Kraft wirksam sein. Diese kann aber nicht aus dem Leeren kommen, sondern muß an eine Gegenmasse gebunden sein. Eine solche ist, wie Newton zuerst erkannte, unsere Erde. Die muß sich aber dem fallenden Stein entgegen bewegen, so daß immer $mc = m^1 c^1$ ist.

Eine gleiche Beziehung, wie zwischen der Erde und dem fallenden Stein, besteht auch zwischen der Erde und ihrem Mond, nur daß dieser infolge seiner Tangentialgeschwindigkeit am Hinabstürzen verhindert wird und mit der Erde den gemeinsamen Schwerpunkt umkreist. Einen verwandten Vorgang zeigt das Zentrifugalpendel und die an der Schwungmaschine betätigte Doppelsternvorrichtung.

Somit hat sich das Grundgesetz der Wirkung und Gegenwirkung und der Satz von der Erhaltung des Schwerpunkts für ein System von zwei Massen ohne besondere Schwierigkeit klar machen lassen. Ob der Satz auch für beliebig viele durch Kräfte miteinander verbundene Massen gültig ist, kann von vornherein nicht erwiesen werden. Bietet doch schon das Problem der drei Körper solche mathematischen Schwierigkeiten, daß auch die hohe Wissenschaft ihm bis heute nicht hat beikommen können. Eine Verallgemeinerung des Schwerpunktsatzes darf also nur als naheliegende Hypothese hingenommen werden, die zu erweisen Aufgabe der beobachtenden und messenden Wissenschaft ist. Und tatsächlich ist bis jetzt keine Erscheinung entdeckt worden, welche mit ihr im Widerspruch stände.

§ 3. Über die Besonderheit der doppelt wirkenden Kraft sagt auch das dritte Newtonsche Grundgesetz nichts aus. Ob sie anziehend oder abstoßend, ob gleichmäßig oder veränderlich, ob gesetzmäßig oder unberechenbar, ist für die Allgemeingültigkeit des Prinzips unerheblich. Demgegenüber bedeutet eine weitere Großtat Newtons, die Aufstellung des Gravitationsgesetzes, eine für die Welterkenntnis überaus fruchtbare Ausweitung des Prinzips der Wirkung und Gegenwirkung. Dies in die berühmte Formel $K = G \cdot mm_1/r^2$ zusammengefaßte Kraftgesetz erschloß Newton aus den großen Planetengesetzen Keplers unter Verwendung des von ihm selbst geschaffenen, mächtigen, mathematischen Hilfswerkzeugs der Infinitesimalrechnung. Seitdem war die theoretische Vorausberechnung der Planetenbahnen ein abgeschlossenes Kapitel der kosmischen Physik. Gleichzeitig erkannte Newton in der Zentripetalbeschleunigung des Mondes die Auswirkung der gleichen Kraft, welche den fallenden Apfel zur Erde zieht. Den historischen Werdegang der Newtonschen Welterkenntnis zu verfolgen, ist ebenso reizvoll wie förderlich.

Die Gravitationsanziehung ist von so ungeheurer Kleinheit, daß sie unbemerkt bleiben muß, wenn bewegbare irdische Massen einander gegenübertreten. Beispielsweise erleidet ein an der Wand hängendes Senkel keine meßbare Ablenkung. Erst ein Jahrhundert nach Newton gelang es, die Experimentierkunst so zu verfeinern, daß die gegenseitige Anziehung von Metallkugeln nicht nur nachweisbar, sondern auch recht genau meßbar wurde. Heute stehen sogar dem Unterricht Drehwageanordnungen zur Verfügung, um vor der Klasse und bei Schülerarbeiten die Newtonsche Gravitationsformel in aller Vollständigkeit herzuleiten (Wulf, ds. Zeitschr. XXXV, S. 158).

Wir sind also im Besitz der sicheren Erkenntnis, daß jedes im Weltenbau eingefügte Stück träger Materie unzertrennlich und für immer mit einem der Gravitationskonstante entsprechenden Kraftfelde verbunden ist. Umgekehrt ist auch die Größe der Schwerkraft ein Maß für die Masse des ihr unterworfenen Körpers. Dieses Wägbare bleibt, mitsamt seinem Kraftfelde, das einzig Beständige im Wandel der Erscheinungen.

Das innere Wesen der Massenanziehung aus der Ferne entzieht sich noch unserer Erkenntnis. Allerdings bedarf es erst einer gründlichen physikalischen Schulung, um sich dieses Rätsels bewußt zu werden. Der Laienverstand nimmt die Tatsache einer Fernwirkung ohne weiteres hin. Übrigens wird selbst der Fachgelehrte zugeben, daß auch die sogenannten Nahkräfte, wie die Zugkraft eines Muskels oder einer Feder, im Grunde genommen ebenso schwer verständlich sind, wie die unkörperliche Zugkraft am fallenden Stein.

Zum Beschluß soll noch auf die allbekannte Tatsache hingewiesen werden, daß die vom Erdkörper ausgehende Zugkraft durch keinen ihr in den Weg gebrachten Körper irgendwelcher Art und Beschaffenheit im mindesten beeinträchtigt wird, wogegen alle anderen Fernkräfte und Strahlungsvorgänge vom Medium abhängig sind.

Nun zum zweiten Teil des Gravitationsgesetzes, welcher uns sagt, daß die Größe der Gravitationskraft in bestimmtem funktionalen Zusammenhang mit dem Abstand der beiden in Wechselwirkung tretenden Gravitationsmittelpunkte steht. Gerade diese Funktion bildet die Grundlage für den mathematischen Aufbau der Himmelsmechanik und anderer durch die Gravitation bedingten Bewegungsvorgänge. Freilich können mit dem Rüstzeug der Schulmathematik die Keplerschen Gesetze nur für den Sonderfall der Kreisbewegung theoretisch begründet werden. Aber es trifft sich günstig, daß gerade die Abhängigkeit nach dem umgekehrten Quadrat auch ohne Integralrechnung eine schulmäßige Ableitung der zugehörigen Potentialfunktion gestattet.

Aus gedachter Entwicklung ergibt sich, daß zwei aus dem Zustand gegenseitiger Berührung beim Abstande r_0 ihrer Kraftzentren in einen Abstand r versetzte Weltkörper, einen Energieaufwand von $A = G \cdot mm_1 \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}\right)$ in sich aufgespeichert haben. Diese Größe kehrt immer wieder, so oft und wo auch nur beide in den Abstand r gelangen. Selbstverständlich hat auch die zugehörige Anziehungskraft jedesmal ihren rechnungsmäßigen Betrag. Nun läßt sich leicht entwickeln, daß beide Massen, frei sich selbst überlassen, im widerstandslosen Raum ewig um den gemeinsamen Schwerpunkt schwingen werden, vorausgesetzt, daß ein Zusammenprall durch einen kleinen seitlichen Anstoß verhindert wird. Dabei bleibt die Summe von Bewegungsenergie und potentieller Energie stets gleich A. Diese Gesamtenergie verteilt sich auf beide Körper aber im umgekehrten Verhältnis ihrer Massen.

Der so gewonnene Satz von der Erhaltung der Energie ergibt sich, was wohl zu beachten, auch für jeden anderen, aber festen, funktionalen Zusammenhang von der Form $k = k_1 mm_1 \cdot f(r)$. Das bleibt auch so, wenn $f(r)$ durch Null geht, so daß k nach Unterschreitung eines bestimmten Werts von r negativ, also abstoßend wird.

Hinsichtlich der Ausdehnung des Energiesatzes auf ein System von drei und mehr gravitierenden Massen sei auf das oben beim Schwerpunktssatze Gesagte verwiesen. Ein deduktives Verfahren ist auch hier dermalen undurchführbar. Aber der tatsächliche, seit Jahrtausenden unverändert gebliebene Bestand mechanischer Energie in unserem Sonnensystem spricht für die Allgemeingültigkeit unseres Satzes.

So hat sich die Dynamik Newtons und insonderheit sein Gravitationsgesetz als ein fester Unterbau für eine umfassende wissenschaftliche Welterkenntnis erwiesen. Des weiteren hat dann die Idee mit Fernkraft begabter, zu in sich geschlossenen höheren Systemen verbundener Massen, auch in das unermeßliche Reich der Molekularphysik ihren Einzug gehalten. Das unsichtbare Innere aller materieller Körper erscheint dem geistigen Auge als eine Welt von frei im Leeren beweglichen Massenteilchen, welche durch Fernkräfte nach bestimmten Funktionen ihrer Abstände aufeinander wirken. Für eine solche durch äußere Anstöße in Bewegung gebrachte Kleinwelt müssen jedoch die Grundgesetze der Dynamik und der Satz von der Erhaltung der Energie ihre volle Gültigkeit haben. Das ist nun nach dem Ausbau der mechanischen Wärmetheorie bei allen Vorgängen der Mechanik, Molekularphysik und Chemie allseitig durch Beobachtung und Experiment bestätigt worden.

§ 4. Kurz nach Newtons Tode erstand mit den Entdeckungen Grays 1729, das Zeitalter der Elektrizität. Es erbrachte die Erforschung neuer Fernkräfte, die im Gegensatz zur Gravitation von den unter ihrer Einwirkung stehenden trägen Massen unabhängig sind. Sie entspringen einem der Erdschwere nicht unterworfenen unsichtbaren Fluidum, das in den Intermolekularräumen aller wägbaren Körper Platz und Bewegungsfreiheit hat. Bestimmte Mengen desselben wirken aufeinander nach Gesetzen, ähnlich dem der Gravitation, nur daß ihre Kraftkonstante 14 Millionen mal so groß ist als die Gravitationskonstante. Deshalb lassen sich die durch elektrische Kräfte bewirkten Bewegungserscheinungen wägbarer Massen so leicht beobachten und messend verfolgen. Im übrigen gelten dabei die dynamischen Grundgesetze. Insonderheit kann das Prinzip der Wirkung und Gegenwirkung gut veranschaulicht

werden, und zwar nicht nur für die anziehenden oder abstoßenden Kräfte, sondern auch für die eigenartige, zwischen Strom und Magnetpol wirksame, Transversalkraft.

Da die gedachten Kräfte bestimmte Funktionen des Abstandes ihrer Träger sind, offenbart sich bei allen durch sie bewirkten ponderomotorischen Vorgängen auch der Satz von der Erhaltung der Energie. Ferner verlaufen auch die rein elektrischen Vorgänge, wie die Stromwärme, Elektrolyse und Induktion im Rahmen dieses Gesetzes.

Bekanntlich hat es seit Faraday nicht an Anstrengungen gefehlt, die elektrische und magnetische Fernwirkung zu ergründen. Die durch Rechnung und geometrische Konstruktion ableitbaren sogenannten Kraftlinien, können durch Streukurven körperlich sichtbar gemacht werden. Man glaubt es zu sehen, wie zwischen Magnetpolen oder zwischen einem Stromleiter und einem Pole die Kraftübertragung zustande kommt und denkt sich auch in Luft oder im leeren Raum ähnliche Gebilde ausgespannt. Man spricht von Ätherfäden, wie von Gummifäden. Diesen Fäden sollen nicht nur Spannungen in ihrer Längsrichtung zukommen, sondern auch Querdrucke, welche die Abstoßung zwischen parallelen Fäden zur Folge haben. So löst sich das Rätsel der Fernwirkung durch zwei andere. Eine geradezu unerträgliche Zumutung ist es, annehmen zu sollen, daß so gewaltige Kräfte, wie sie an den Polen eines Elektromagneten oder im Innern einer stromdurchflossenen Spule auftreten, durch Fäden eines so überaus feinen Mediums, wie es der Weltäther doch sein muß, übertragen werden sollen. Wir müssen uns also mit der Tatsache der Fernkräfte abfinden, ohne deren Wesen durchschauen zu können, eingedenk des Newtonschen Wahlspruchs: Hypotheses non fingo.

Die katalytische Wirkung des Platins und das chemische Massenwirkungsgesetz.

Von Dr. **Bernhard Batscha** in Olmütz.

Es wurde in dieser Zeitschrift (E. Mannheimer, **34**, 118) auf die große Bedeutung des Massenwirkungsgesetzes für den chemischen Unterricht schon hingewiesen. Andererseits wurden aber auch die Schwierigkeiten hervorgehoben (s. a. E. Hils, **39**, 62), die dem tieferen Eindringen in den gesetzmäßigen Verlauf chemischer Vorgänge entgegenstehen und die ihre Ursachen vor allem in der ungenügenden mathematischen Vorbildung der Schüler haben. Trotzdem aber läßt sich auch ohne diese viel erreichen, wenn man nur durch scharfe Definition der in der chemischen Kinetik und Statik angewendeten Hauptbegriffe, ferner durch Auswahl einschlägiger und einfacher Versuche, zu denen der Unterrichtsstoff oft Gelegenheit bietet, und durch ihre geeignete methodische Betrachtung das Verständnis des Massenwirkungsgesetzes wenigstens in seiner allgemeinen Form anstrebt.

Eine günstige Gelegenheit dazu bieten die katalytischen Wirkungen des Platins insofern, als sie schon in den ersten Kapiteln der anorganischen Chemie, gelegentlich der Oxydation des Wasserstoffes, zur Besprechung kommen. Übrigens empfiehlt sich eine eingehendere Betrachtung dieser Vorgänge nicht nur mit Rücksicht auf den genannten Zweck, sondern auch mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Katalyse überhaupt, sei es in der Technik oder für biologische Prozesse. Im folgenden soll nicht allein gezeigt werden, mit welchen einfachen Mitteln die katalytischen Wirkungen des Platins demonstriert werden können, sondern auch der Versuch gemacht werden, diese mit den allgemeinen Grundsätzen des Massenwirkungsgesetzes in Übereinstimmung zu bringen; es wird sich schließlich zeigen, daß das Massenwirkungsgesetz zur Erklärung mancher auffälligen Erscheinung eine unentbehrliche Stütze bietet.

Bei der Auswahl der Versuche wurde vorläufig nur auf die chemische Kinetik Gewicht gelegt, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil sich die Katalyse nur

auf solche chemischen Prozesse bezieht, die nach einer Richtung verlaufen, scheinbar also nicht umkehrbar sind. In einer späteren Mitteilung soll auch der Zusammenhang der Katalyse mit der chemischen Statik dargelegt werden.

Wie bekannt, besteht die katalytische Wirkung des Platins darin, die Oxydationsgeschwindigkeit mancher Gase zu beschleunigen, und es dient deshalb dazu, Wasserstoff oder Leuchtgas zur Entzündung zu bringen oder die Oxydation von SO_2 zu SO_3 zu vermitteln. Es wird als sehr wahrscheinlich angenommen, daß diese Reaktionsbeschleunigung durch das Platin mit der Lösung, bzw. mit der Adsorption der Gase seitens des Metalles im Zusammenhange steht, so daß wir es hier mit einem heterogenen System zu tun haben (Nernst, Theoretische Chemie, S. 655).

Zur Demonstration der genannten Wirkung eignet sich aber erst das Platin in Form des Platinschwammes, der den reagierenden Gasen eine sehr große Oberfläche darbietet. Der Grund liegt eben darin, daß in einem heterogenen System die Reaktionsgeschwindigkeit auch von der Oberfläche abhängig ist, ähnlich wie es beispielsweise bei der Auflösung von Metallen in Säuren der Fall ist. Der Platinschwamm kann in der Weise hergestellt werden, daß man einige Brocken Platinsalmiak mit einem sehr dünnen Draht umwickelt und vorsichtig glüht (Ostwald, Schule der Chemie, S. 440); man kann auch Abfälle — davon genügt schon eine winzige Menge — von Platinschwamm verwenden, die von Wasserstoff-Zündmaschinen stammen, indem man sie nötigenfalls mit einem reinen Klebemittel, etwa Stärkekleister, zusammenballt und sie nach dem Trocknen mit einem sehr dünnen Platindraht umwickelt und ausglüht. Es ist notwendig, den Pt-Schwamm mit dem Draht zu umwickeln, denn der Schwamm allein bringt noch keine zündende Wirkung hervor (Schule der Chemie, l. c.). Diese auffällige Tatsache soll an einer späteren Stelle näher erörtert werden.

Hält man nun den Pt-Schwamm in geeigneter Höhe, um die Vermengung mit dem Sauerstoff der Luft zu ermöglichen, über die Ausströmungsöffnung eines H-Apparates, so sieht man, wie der Pt-Schwamm ins Glühen kommt und wie sich gleich darauf der Wasserstoff entzündet.

Die Erklärung dieser Erscheinung wird wohl bei den Schülern auf keine Schwierigkeit stoßen, denn es ist klar, daß es sich hier um eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit, die in jedem Momente durch die Oxydationswärme gesteigert wird, handelt, also gewissermaßen um eine Selbstbeschleunigung des Oxydationsvorganges, die zur Erhitzung des Platins und schließlich zur Entzündung des Wasserstoffes führt. Aus diesem einfachen Versuch wird demnach der Einfluß ersichtlich, den die Temperatur im allgemeinen und die Oberfläche in einem heterogenen System im besonderen auf die R. G. nehmen.

Durch das Verhalten desselben Pt-Schwammes im Leuchtgase kann aber auch die Abhängigkeit der R. G. von der Konzentration zum sinnfälligen Ausdruck gebracht werden. Hält man nämlich den Pt-Schwamm über den geöffneten Bunsenbrenner bei voll geöffneten Luftlöchern, so bemerkt man keine Veränderung, gleichviel ob man jenen knapp über der Brennerröhre oder höher hält. Erhitzt man aber vorher den Pt-Schwamm ein wenig und hält ihn noch warm knapp über der Brenneröffnung, dann sieht man ihn erglühen; geht man nun höher und hält ihn in dem Gasstrome etwa dort, wo sich der „obere Oxydationsraum“ des brennenden Gasstromes befände, so wird der Pt-Schwamm stärker glühend, und schließlich erglüht auch der Draht, der den Schwamm zusammenhält, und in diesem Augenblick entzündet sich das Gas.

Aus diesen Beobachtungen geht vor allem hervor, daß der Pt-Schwamm im Leuchtgase keine so starke katalytische Wirkung ausübt wie im Wasserstoff, was wohl nicht anders gedeutet werden kann, als daß dort die Konzentration des oxydierbaren Gases oder die „aktive Masse“ geringer ist. Damit ist natürlich nur die Feststellung gemeint, daß bei gleichen Raummengen der Gase das Leuchtgas in geringerer Menge der katalytischen Wirkung des Platins unterliegt, ganz abgesehen von der

verschiedenen Wärmetönung, die bei der Oxydation (Verbrennung) der beiden Gase entsteht. Die Richtigkeit dieser Behauptung geht schon daraus hervor, daß der zweite Hauptbestandteil des Leuchtgases, das Methan, das man sich leicht aus Al_4C_3 darstellen kann, bei Gegenwart von Platinschwamm keine sichtbare Oxydation erfährt. Daß man aber dennoch durch vorheriges Erhitzen die katalytische Wirkung des Platins im Leuchtgase auslösen kann, ist wieder ein Beweis mehr dafür, daß die R. G., anfangs zu gering, erst durch Temperatursteigerung auf den wirksamen Grad gesteigert werden muß. Und was den Umstand betrifft, daß erst im „oberen Oxydationsraum" eine Entzündung erfolgt, so läßt er sich einfach dadurch erklären, daß dort ein lebhafter Zustrom von Luft, daher eine intensivere Oxydation erfolgt als knapp über der Brennerröhre.

So einfach die bisher geschilderte katalytische Wirkung des Platins im Lichte des Massenwirkungsgesetzes zu sein scheint, so bleibt dennoch eine wichtige Frage offen, die noch zu einer bedeutsamen Folgerung führen soll. Es drängt sich nämlich die Frage auf, warum der verwendete Platinschwamm im Leuchtgase überhaupt keine sichtbare Wirkung hervorgebracht hat; man sollte vielmehr annehmen, daß sich die anfänglich kleine R. G. infolge Selbstbeschleunigung allmählich bis zum Glühendwerden des Platins steigern müßte. In der Tat tritt dieser Fall bei den automatischen Gaszündern ein, bei denen zufolge günstiger äußerer Bedingungen (z. B. größerer und dichterer Platinschwamm) ein geringerer Wärmeverlust entstehen dürfte. Und es hat den Anschein, daß der Gegensatz zwischen Erwartung und der Beobachtung, die der Versuch mit unserem kleinen Platinschwamm vermittelt, nicht anders beseitigt werden kann als durch die Annahme, daß der Wärmeverlust desselben, hervorgerufen durch die Ausstrahlung und zum Teile durch die Mitteilung der Wärme an das vorbeiströmende Gas, den Eintritt der katalytischen Wirkung gleich anfangs verhindert. Aus dieser Annahme ergibt sich aber wieder die Notwendigkeit zu untersuchen, inwieweit dieser neue Faktor auch sonst bei der katalytischen Wirkung des Platins in Rechnung zu ziehen ist.

Um den Rahmen dieser Abhandlung nicht zu weit zu spannen, soll diese Untersuchung nur auf einige wenige Fälle beschränkt bleiben. Vorher aber wird es sich empfehlen, den Mechanismus des katalytischen Vorganges auf der Oberfläche des Platins nochmals ins Auge zu fassen und zur besseren Übersichtlichkeit eine schematische Formel für ihn zu suchen. Die katalytische Wirkung des Platins läßt sich vielleicht am besten durch die Reaktionsgeschwindigkeit zum Ausdruck bringen, mit der der Oxydationsvorgang an seiner Oberfläche erfolgt. Diese R. G. wächst, wie schon bekannt, mit der Oberfläche des Pt, der Konzentration der reagierenden Gase und mit der Temperatur, die sich naturgemäß — infolge der Selbstbeschleunigung des Vorganges — mit jedem Augenblick steigern sollte. In entgegengesetztem Sinne wirkt der Wärmeverlust, verursacht hauptsächlich durch die Ausstrahlung der Wärme. Es liegt nahe, diese Beziehungen in folgender schematischer Formel zusammenzufassen:

$V = k \cdot C \cdot O \cdot (T - T')$. Die einzelnen Symbole bedeuten: k = Proportionalitätsfaktor, C = Konzentration, O = Oberfläche, T = Temperaturerhöhung (durch die Oxydationswärme), T' = Temperaturerniedrigung (durch Abkühlung), V = Reaktionsbeschleunigung.

Wir wollen nun an der Hand dieser schematischen Formel nochmals das Verhalten unseres Platinschwammes im Leuchtgase betrachten. Da in diesem Falle O als konstant anzusehen ist und ebenso C, weil sich im ausströmenden Leuchtgase die Konzentration der reagierenden Stoffe — zumindest bei schwacher Einwirkung des Pt — fast gar nicht ändert, hängt die R. G. bloß vom Faktor $(T - T')$ ab. Ist nun $T' > T$, dann hat $T - T'$ einen negativen Wert, was nur den Sinn haben kann, daß es zu keiner sichtbaren katalytischen Wirkung kommt. Wird aber durch vorheriges Erhitzen des Platinschwammes T erhöht, bis $T > T'$ wird, dann erhöht sich die R. G., d. h. die Katalyse setzt ein.

Nun kann folgender interessante Fall eintreten: Die Katalyse setzt zwar ein, kommt aber zum Stillstande, noch bevor der zur Zündung nötige Hitzegrad erreicht ist. Dieser Fall, auf den schon eingangs hingewiesen wurde, tritt ein, wenn Platinschwamm allein (ohne Draht) verwendet wird. Durch den Schwamm allein wird selbst im Wasserstoff nur ein Glühen, aber nicht eine Entzündung erreicht. Legen wir nun der Betrachtung dieser Erscheinung die obige Formel zugrunde, so können auch hier C und O, da es sich um dasselbe System handelt, als konstant angesehen werden, weshalb für die R. G. nur der Faktor $(T - T')$ in Frage kommt. Anfangs steigt die Reaktionsgeschwindigkeit wegen $T > T'$. Der Geschwindigkeitszuwachs (Beschleunigung) verringert sich aber mit jedem Augenblick, anscheinend deshalb, weil T' stärker ansteigt als T, bis schließlich die Differenz $T - T'$ gleich 0 wird. In diesem Momente ist gewissermaßen ein thermisches Gleichgewicht erreicht, und die R. G. steigt nicht mehr. Durch die Verbindung des Pt-Schwammes mit dem Pt-Drahte kann aber die Steigerung der R. G. bis zur Erreichung der Entzündungstemperatur erzielt werden. Denn da der Draht, auf gleiche Gewichtsmengen bezogen, eine kleinere Oberfläche als der Schwamm hat, erfährt er eine relativ schwächere Abkühlung als dieser; dadurch wird T' kleiner und die Reaktionsgeschwindigkeit gesteigert. Daher wird erst die Kombination beider zu einer brauchbaren Zündvorrichtung. Durch den Pt-Schwamm wird die Katalyse eingeleitet und durch die dabei entwickelte Oxydationswärme der dünne Draht so weit erhitzt, daß er aktiv in den Oxydationsvorgang eingreift und die R. G. bis zur Erreichung der Entzündungstemperatur des Gases steigert.

Schließlich sei noch kurz eine Beobachtung mitgeteilt, die mit den früheren im Zusammenhange steht. Wenn man einen Platindraht, wie man ihn für Flammenreaktionen verwendet, in der Bunsenflamme erhitzt und ihn glühend rasch in die Brennerröhre hinabsenkt, so glüht er noch lange Zeit darin weiter. Zweckmäßig ist es, das Ende des Drahtes hakenförmig umzubiegen. Machen wir den gleichen Versuch mit einem sehr dünnen Platindraht, wie man ihn für die Befestigung des Platinschwammes verwendet, so verliert er fast gleich seine Glut. Daß das weitere Glühen des dickeren Drahtes auf seine fortgesetzte katalytische Wirkung zurückzuführen ist, geht daraus hervor, daß jenes sofort aufhört, wenn man die Luftlöcher verschließt, denn dadurch findet der oxydative Vorgang an seiner Oberfläche ein jähes Ende. Und auch diese auffällige Erscheinung läßt sich in einfacher Weise durch die Annahme erklären, daß der dünne Draht infolge seiner relativ größeren Oberfläche eine raschere Abkühlung erfährt, weshalb die R. G. jenes Vorganges schneller abnimmt als bei dem anderen Drahte.

Kleine Mitteilungen.

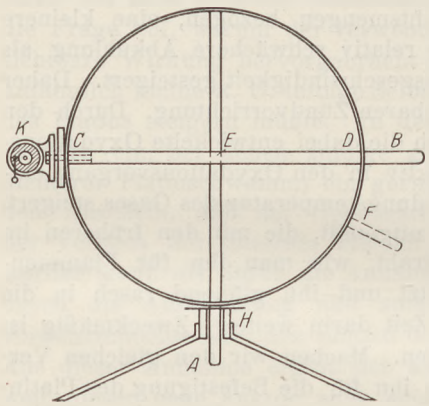
Ein einfaches Modell zur Erklärung der Wirkungsweise des Kreiselkompasses.

Von Dr. **Ernst Hils** in Berlin-Grunewald.

Von den Erscheinungen, die mit der Kreiselbewegung zusammenhängen, scheint die Wirkungsweise des Kreiselkompasses bei Schülern das größte Interesse hervorzurufen. Man sieht sich deshalb als Lehrer oft veranlaßt, auf dieses kunstvolle Instrument einzugehen; da nun die Theorie des Kreisels im allgemeinen bereits zu den Grenzgebieten der Schulphysik zu rechnen ist, wird eine Vorführung der Wirkungsweise eines Kreiselkompasses an einem einfachen Modell um so mehr erwünscht sein. Zu den bis jetzt veröffentlichten Versuchen des Baues eines solchen Modelles sei hier ein neuer hinzugefügt, von dessen Benutzung ich mir gewisse Vorteile verspreche.

Die drei Kreise von Bandeisen (siehe Figur) stellen die Erdkugel mit Äquator und zwei Meridianen dar. K bedeutet den Kreisel, der bei der Drehung der Erde seine Richtkraft zeigen soll. Als Kreisel benutze ich nun eine kleine Maschine, die als Kinderspielzeug unter dem Namen Dynamobil im Handel (für 1,20 Mk.) zu haben

ist. Sie besteht aus einem Bleirad, das durch eine Kurbel vermittels einer Übertragung über mehrere Zahnräder bequem und schnell in sehr rasche Umdrehung versetzt werden kann. Das Ganze ist in ein Blechgehäuse eingeschlossen, und dieses Gehäuse ist mit einem Grundbrettchem fest verbunden. Der Kreisel ist so nach außen geschützt. Nach Aufhören des Antriebes wird die Kurbel selbsttätig ausgeschaltet. Der Kreisel behält seine Rotation hinreichend lange Zeit (ungefähr 1,5 Min.), so daß jeder Versuch genügend lange beobachtet werden kann; ferner kann ein neuer Versuch sich ohne Zeitverlust an den vorhergehenden anschließen. Wer mit dem Aufziehen eines Kreisels unter etwas erschwerten Umständen sich abzumühen Gelegenheit gehabt hat, wird gleich mir diese Antriebweise des Kreisels, die immer gut gelingt, als angenehme Erleichterung begrüßen und die kleine Maschine auch für manchen anderen Kreiselversuch gern benutzen. Als Nachteil ist vielleicht anzusehen, daß man die Bewegung des Kreisels in dem geschlossenen Gehäuse von weither nicht beobachten kann, auch wenn man in die Gehäusewandung ein paar größere Löcher schneidet. Aus der Stellung der Achse, die an den beiden Seiten etwas hervorragt, kann meines Erachtens jedoch eindeutig auf die Bewegung des Kreisels geschlossen werden.



Ist also die Erdkugel mit der Achse A in eine Buchse H drehbar eingesetzt (siehe Figur), so befindet sich der Kreisel am Äquator. Er ist drehbar aufgesetzt auf eine Achse, die nach dem Mittelpunkt der Erdkugel gerichtet ist. Diese Achse geht unter dem Kreiselschwerpunkt senkrecht durch das Grundbrett des Kreisels hindurch. Die Drehungsachse des Kreisels liegt also horizontal in bezug auf das Erdmodell. Man setzt den Kreisel in Gang und dreht die Erde herum vermittels des Griffes B (oder vermittels der Schwungmaschine, was jedoch zur Erhöhung der Anschaulichkeit nicht beiträgt). Die Kreiselachse stellt sich langsam in die Richtung des Meridians ein und verharrt hier. Dreht man die Drehrichtung der Erde um, so wandert die Achse in die entgegengesetzte Richtung. Das gleiche geschieht, wenn man den Rotationssinn des Kreisels umkehrt. Dieser Versuch zeigt, daß in der Bewegung des Kreisels ein Beweis für die Umdrehung der Erde enthalten ist, und gleichzeitig ist er eine schöne Vorführung der vektoriellen Zusammensetzung der Drehimpulse. — Um die Drehung der Kreiselachse zu verdeutlichen und seine Verwendung als Kompaß hervorzuheben, wird der Kreisel am Grundbrett mit einer längeren Nadel, die parallel zur Kreiselachse verläuft, versehen.

Ferner wird auf dem Grundbrett der kleinen Maschine eine Windrose befestigt, so daß die Nadel auf N—S zeigt. Unter dem Grundbrett wird an dem Erdmodell ein zweites Brettchen drehbar angebracht, das eine feste Marke trägt.

Wird der Apparat mit der Achse B auf die Buchse H gesetzt, so steht der Kreiselkompaß am Nordpol. Es zeigt sich, daß er hier seine richtungweisende Kraft eingebüßt hat. Daß auch am Pol durch die Drehung der Erde Kräfte auftreten, die die Kreiselachse parallel zur Kreiselachse stellen können, zeige ich dadurch, daß ich einen gleichen Kreiselapparat vermittels einer oben angebrachten Öse mit einer Schnur verbinde und diese Schnur mit Daumen und Zeigefinger verdrille. Die Kreiselachse richtet sich auf, und da hierdurch ein Drehimpuls durch die Erdanziehung hinzutritt, setzt eine Präzessionsbewegung in der Drillrichtung ein. Auch hier ergibt natürlich eine Umkehrung der Kreiseldrehung bzw. des Drills entgegengesetzte Stellung der Kreiselachse.

Will man die Wirkung des Kreiselkompasses auch für mittlere Breiten zeigen, so kann man das erreichen, indem man den Kreis CD, der die senkrechte Achse des

Kreisels umfaßt, um E drehbar macht, oder indem man noch an einer dritten Stelle F einen Zapfen anbringt, der in die Buchse H gesetzt werden kann.

Der Apparat kann von der Firma L. Preuschoff, Berlin-S, Luisenufer 11, bezogen werden.

Apparat zum Aufzeichnen von Wasserwellen.

Von Dr. M. Niemöller in Perleberg.

Der Zusammenhang zwischen kreisförmiger Bewegung einzelner Teilchen und einer Wellenbewegung läßt sich mit Hilfe einer einfachen Vorrichtung zeigen, die mit geringen Mitteln leicht herstellbar ist.

Eine Wellenbewegung kommt z. B. zustande, wenn die einzelnen von n aufeinanderfolgenden Teilchen kreisförmige Bewegungen, Schwingungen ausführen, wobei jedes Teilchen um $\frac{1}{n}$ einer Gesamtschwingung in seinem Bewegungszustande von dem vorhergehenden verschieden ist. Es seien z. B. 12 Teilchen gegeben (Fig. 1). Legt man nun durch die einzelnen Teilchen Kreise (Fig. 2) und trägt der Reihe nach auf

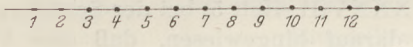


Fig. 1.

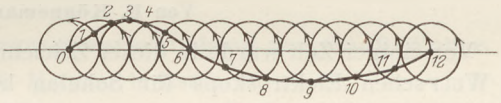


Fig. 2.

den einzelnen Kreisumfängen $\frac{1}{12}$, $\frac{2}{12}$ . . . $\frac{11}{12}$ des Gesamtumfanges ab, indem man von der Ruhelage der Teilchen ausgeht und eine bestimmte durch die Pfeile angegebene Richtung innehält, so bilden die so entstehenden Punkte eine Wellenlinie. Sei der Abstand der einzelnen Teilchen r; verschiebt man den durch O gehenden Kreis auf der Geraden G (Fig. 2), während er sich gleichzeitig um den zwölften Teil des Umfanges dreht, so würde ein anfänglich in O befindlicher Punkt nach Verschiebung

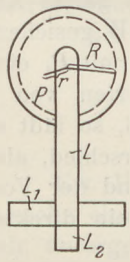


Fig. 3.

Fig. 4.

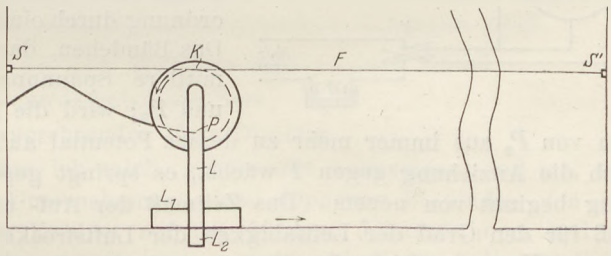


Fig. 5.

und Drehung in die Lage 1 gebracht werden, nach weiterer Verschiebung und Drehung um dieselben Größen in die Lage 2. Fährt man so fort, würden sich der Reihe nach alle Punkte der Welle ergeben. Um gleichzeitig Verschiebung und Drehung zu erzielen, benutzt man eine hölzerne Kreisscheibe (Fig. 3 und 4) vom Radius R, die am Rande eine Schnurlaufrinne enthält. Im Abstande r vom Mittelpunkt ist ein Pinsel P angebracht. Zwischen den Radien besteht die Gleichung $n\,r = 2\,\pi\,R$. Die Scheibe ist am Ende einer Leiste L drehbar angebracht, am anderen Ende der Leiste befinden sich senkrecht zu ihr zwei Leisten L_1 und L_2, von denen die erste dem Tische aufliegt und sich parallel zur Tischkante verschiebt, während die andere senkrecht zur Tischkante verläuft und beim Verschieben als Führung dient. Um die Scheibe ist ein Faden F geschlungen, der an den Enden des Experimentiertisches an zwei Bunsenstativen oder Schraubzwingen S und S' befestigt ist und straff gespannt wird (Fig. 5). Bei jeder Verschiebung der Leiste L um das Stück r in der Pfeilrichtung bewegt

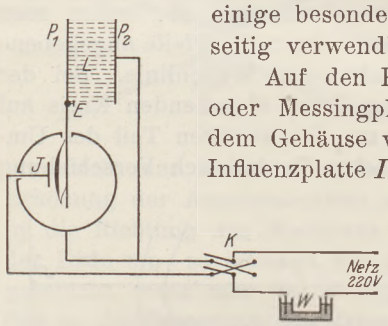
sich der Mittelpunkt der Scheibe um dasselbe Stück, während sich gleichzeitig die Scheibe in entgegengesetzter Richtung um das Stück r dreht. Die Drehung beträgt, wie aus der vorstehenden Gleichung $n r = 2 \pi R$ hervorgeht, $\frac{1}{n}$ des Kreisumfanges. Bewegt man die Kreisscheibe also parallel zur Tischkante, so nimmt ein in der Entfernung r vom Mittelpunkt befestigter Pinsel der Reihe nach die in der Fig. 2 gezeichneten Lagen an, beschreibt also auf dem Tisch eine Wellenlinie. Diese wird in Sand, der auf dem Experimentiertisch aufgestreut ist, aufgezeichnet.

Mit Hilfe der einen Kreisscheibe lassen sich Wellen von bestimmter Wellenlänge ($\lambda = 2 R \pi$) aufzeichnen. Ihre Amplitude kann geändert werden, wenn man für r andere Werte nimmt, die sich aus der Gleichung $n r = 2 \pi R$ ergeben, wenn man darin für n ganzzahlige Werte, z. B. 6, 8, 10, 16, 24 einsetzt. Durch Verwendung von anderen Kreisscheiben von größerem oder kleinerem R erhält man Wellen von größerer oder kleinerer Wellenlänge.

Nachweis des lichtelektrischen Effekts und der Luftionisation mit dem Wulfschen Elektroskop.

Von **F. Könnemann** in Glogau.

Vor einiger Zeit wurde in dieser Zeitschrift (XXXVIII, Heft 5) bei der Schilderung des WULFschen Elektroskops für Schulen kurz darauf hingewiesen, daß eine Verwendung als Entlade-Elektroskop gut möglich sei. Angesichts der hervorragenden Eignung des von LEYBOLD gelieferten Instruments gerade für diesen Zweck seien einige besonders leicht ausführbare Versuche mit diesem sehr vielseitig verwendbaren Apparat angeführt (siehe Figur).



Auf den Knopf E des Elektroskops wird eine blanke Kupfer- oder Messingplatte P_1 als Elektrode gesetzt; eine gleiche P_2, mit dem Gehäuse verbunden, dient als zweite Elektrode; diese und die Influenzplatte I werden über einen Stromwender K an das Lichtnetz gelegt (220 Volt Gleichstrom) und die ganze Anordnung durch einen Wasserwiderstand W gesichert. Das Bändchen, das projiziert wird, hat mit P_1 eine mittlere Spannung zwischen den Werten von I und P_2; wird die Luftstrecke L leitend, so lädt es sich von P_2 aus immer mehr zu dessen Potential auf, der Spannungsunterschied, also auch die Anziehung gegen I wächst, es springt gegen I, entlädt sich, und der Vorgang beginnt von neuem. Das Zeitmaß der Auf- und Entladungen ist ein direktes Maß für den Grad der Leitfähigkeit der Luftstrecke L.

1. Versuch: Ionisation der Luft durch ein kleines radioaktives Präparat, ein Stück Uranpechblende, Glühstrumpf oder ähnliches.

2. Versuch: Ionisation durch eine Flamme: Man zeigt, daß die Ionisation nur stark ist, wenn die Flamme an der Kathode sich befindet, die positiven Ionen also den kurzen, die negativen Ionen den langen Weg zurückzulegen haben. Daraus schließt man auf die größere Beweglichkeit der negativen Ionen. Daraus folgt weiter, daß bei gleichmäßiger Ionisation der ganzen Gasstrecke eine Stauung positiver Ladung stattfinden muß, die den Wirkungsbereich der Anode gewissermaßen bis nahe an die Kathode heranschiebt, oder anders gesprochen, die das von der Kathode ausgehende Kraftlinienfeld zum großen Teil schon unterwegs abfängt, so daß das Feld an der Kathode am stärksten ist: „Kathodenfall". Diese Überlegungen sind bei den selbständigen Gasentladungen (negatives Glimmlicht, Dunkelraum usw.) dann besonders wertvoll.

3. Versuch: Man ersetzt die Kupferplatte P_1 auf dem Elektroskop durch eine amalgamierte Zinkplatte und bestrahlt die Platte durch Bogenlicht ohne Zwischen-

schaltung von Glasoptik. Ist die Z_n-Platte negativ, so setzt eine lebhafte Entladung ein, im anderen Falle ist die Entladung ganz gering: Im ersten Falle ist maßgebend der photoelektrische Effekt, der in der Auslösung von Elektronen durch ultraviolettes Licht besteht, im zweiten Fall liegt eine geringe Ionisation der Luft durch das Licht vor. Eine zwischengeschaltete Glasscheibe, die ultraviolettes Licht nicht durchläßt, hebt die Wirkung völlig auf. Die Wirkung ist mit Homogenkohlen größer als mit Dochtkohlen, wohl wegen der verschiedenen spektralen Verteilung beider Lichtquellen. An diesen Versuch schließt man zweckmäßig die Versuche der Zündung einer Glimmlampe durch sichtbares Licht an. (Phys. Zeitschr. **26**, S. 376, **27**, S. 402, **26**, S. 254.)

Angesichts des aus den Versuchen hervorgehenden recht verschiedenen Charakters der + und — Elektrizität und der verschiedenen Bedeutung der Elektroden P_1 und P_2 ist es nicht verwunderlich, wenn z. B. der Versuch 1 bei symmetrisch zwischen den Platten liegender Ionisationsquelle bei Kommutierung nicht einfach den gleich großen Effekt gibt. Den Versuch 2 führt man demnach wohl gewissenhafter durch, wenn man die Flamme nacheinander nach P_1 und P_2 bringt, dann kommutiert und wiederholt: es zeigt sich dann, daß beide Male, wenn auch mit etwas verschiedener Geschwindigkeit, die Flamme an der Kathode stärker wirkte.

Die erste elektromagnetische Telegraphenverbindung von Gauß-Weber.

Mitgeteilt von **K. Metzner** in Berlin.

Für die Leser der Abhandlung „Zum 150. Geburtstage von Gauß“ (diese Zeitschr. **40**, 180; 1927) wird es Interesse haben, Kenntnis zu erhalten von dem zwischen W. WEBER und dem Göttinger Magistrat geführten Schriftwechsel über die Anlagegenehmigung der ersten elektromagnetischen Telegraphenverbindung in Göttingen, der das Zeitkolorit plastisch wiedergibt. Ich verdanke den nachfolgenden Briefwechsel einer freundlichen Mitteilung des Kollegen BEHSE in Halberstadt. Das Dokument findet sich auf einer in Miniaturschrift zusammengestellten Göttinger Postkarte:

Schriftwechsel zwischen Wilhelm Weber und dem Göttinger Magistrat bei Herstellung des ersten elektrischen Telegraphen Göttingen 1833.

1. Wilhelm Weber an den Magistratsdirector Ebell.

Hochwohlgeborner Herr,
Hochzuverehrender Herr Director,

Ew. Hochwohlgeboren beehre ich mich, gehorsamst anzuzeigen, daß ich, zum Zwecke einer wissenschaftlichen Unternehmung, einen doppelten Bindfaden von dem mir untergebenen physikalischen Kabinet auf den hiesigen Johannisthurm und von da weiter zur Sternwarte habe aufspannen lassen, — und verbinde damit die ergebenste Bitte, daß Sie diesem Unternehmen, welches nicht ohne Interesse für die Wissenschaft ist, möglichst Ihren Schutz angedeihen lassen mögen, sowohl dadurch, daß Sie gestatten, daß der genannte Bindfaden einige Zeit am Johannisthurm angeknüpft bleibe, als besonders dadurch, daß Sie den Polizeibeamten, Nachtwächtern u. s. w. gütigst einige Aufmerksamkeit anempföhlen, daß nicht durch Muthwillen ein Schade daran geschieht.

Uebrigens habe ich die Ehre, hierbei zu bemerken, daß meines Wissens beim Aufknüpfen des Bindfadens am Johannisthurm nichts weiter erforderlich gewesen ist, als den Laden von einer Fensteröffnung zu entfernen, welches in meiner Abwesenheit geschehen ist, — sonst würde ich Ew. Hochwohlgeboren Genehmigung vorher eingeholt haben.

Der Zweck der Sache ist darauf gerichtet, die Kräfte des Galvanismus und Magnetismus, so weit sie zu practischen Zwecken irgend einmal dienen könnten, im Großen näher zu untersuchen.

Nur Übelwollen oder völlige Unkenntniß können Gerüchte verbreiten, als sey mit dieser Vorrichtung Gefahr irgend einer Art, z. B. bei Gewittern, verbunden.

Ich zweifle nicht, daß Ew. Hochwohlgeboren und der übrige Hochlöbliche Magistrat dem Gutachten der an hiesiger Universität angestellten sachverständigen Männer ein hinreichendes Zutrauen in dieser Beziehung schenken werden. Ich bin im Stande Ew. Hochwohlgeboren wegen solcher Gefahren völlig zu beruhigen, wenn auch mehrere solcher Schnüren oder feiner Drähte über die Häuser aufgespannt würden.

Ew. Hochwohlgeboren werden gütigst entschuldigen, daß ich nicht früher eine Anzeige über diese geringfügige Angelegenheit gemacht habe — bei der Schnelligkeit der Ausführung und in der Ueberzeugung, daß von Ew. Hochwohlgeboren Seite kein Bedenken stattfinden werde, war die Nothwendigkeit derselben meiner Aufmerksamkeit entgangen.

Empfangen Sie gütigst die Versicherung meiner größesten Hochachtung, mit der ich zu verharren die Ehre habe

Ew. Hochwohlgeboren

gehorsamster Diener,
Wilhelm Weber,
Director des physikalischen Cabinets
hiesiger Universität.

Göttingen,
den 15. April 1833.

2. Der Göttinger Magistrat an Wilhelm Weber.

Ew. Wohlgeboren sind durch das gefällige, an den Magistrats-Director Ebell gerichtete, von diesem aber an den Magistrat abgegebene Schreiben vom 15 16. huj. einer bereits beabsichtigten Anfrage über den Zweck der auf dem Johannis-Thurme ohne unser Vorwissen gemachten Vorrichtungen zuvor gekommen. Wenngleich wir nun jederzeit gern bereit sind zur Einrichtung und Förderung wissenschaftlicher Institute nach Kräften die Hand zu bieten, so müssen wir uns für den vorliegenden Fall jedoch Pflichten-halber annoch eine gefällige Erläuterung über die nachfolgenden Punkte erbitten:

1) Sind die gemachten Vorkehrungen nur als eine Probe zu betrachten; oder sollen sie bleibend werden?

2) Wird es deßhalb erforderlich werden, einzelnen Personen, und welchen, jederzeit den Zugang zu dem Thurme zu gestatten?

3) Werden die jetzt gezogenen Linien durch Drähte ergänzt werden, und von welchem Metall werden solche seyn?

4) Ist es erforderlich, daß die schon jetzt beseitigten Jalousien vor den Thurmöffnungen, auch für die Folge hinwegfallen, und die fraglichen Luken offen bleiben müssen?

Indem wir uns darüber eine baldgefällige Benachrichtignng erbitten, bemerken wir hinsichtlich des letzten Punktes schon im Voraus, daß der Thurm zu sehr der Einwirkung des Wetters ausgesetzt ist, als daß wir ohne zu großen Nachtheil für die inneren Bauwerke das Offenbleiben der Dachluken gestatten könnten.

Wir benutzen übrigens diese Gelegenheit, Ew. Wohlgeboren die Versicherung unserer vollkommensten Hochachtung zu ertheilen.

Göttingen, den 18. April 1833.

Der Magistrat der Stadt Göttingen
G. C. E. Ebell, Dr.

3. Wilhelm Weber an den Göttinger Magistrat.

Ein Hochlöblicher Magistrat der Stadt Göttingen hat in einem an den Unterzeichneten gerichteten Schreiben vom 18. April einige Erläuterungen gütigst verlangt,

um entscheiden zu können ob Derselbe der zu einer wissenschaftlichen Unternehmung von mir an den Herrn Magistrats-Director Ebell gerichteten Bitte willfahren könne. — Ich habe die Ehre Folgendes darauf zu erwiedern, nämlich:

ad 1. Die gemachten Vorkehrungen sind nicht als bleibend zu betrachten, sondern können beseitigt werden, sobald die damit beabsichtigten Versuche angestellt und deren Erfolg außer Zweifel gesetzt worden.

ad 2. Nachdem die Schnüre einmal aufgespannt sind, wird die Anwesenheit eines Beobachters während der Versuche nicht erfordert, wie überhaupt von diesen Versuchen außer dem physikalischen Cabinet und der Sternwarte nichts sichtbar wird. Nur beim Beginn jeder neuen Reihe von Versuchen suche ich für meine und meines Gehülfen Person um die Erlaubniß, auf dem Thurme mich aufzuhalten, nach.

ad 3. Der aufgespannte Bindfaden soll dazu dienen, einen feinen Metalldraht frei schwebend zu erhalten. Die Dicke dieses Drahtes übersteigt nicht viel die eines Haares und vermag nur ganz schwache galvanische Ströme zu fassen und fortzuleiten. Dieser Draht besteht aus Silber und Kupfer. Er ist, verbunden mit dem Bindfaden, dem bloßen Auge für sich allein nicht sichtbar.

ad 4. Die Thurm-Oeffnungen können verschlossen seyn, und ich werde, dem vom Hochlöblichen Magistrate ausgesprochenen Willen gemäß, Sorge tragen, daß dieser Verschluß schon in den nächsten Tagen wiederhergestellt wird.

Indem ich Einen Hochlöblichen Magistrat zu bitten die Ehre habe, diesem Unternehmen möglichst freien Gang zu gestatten, und so viel thunlich Schutz angedeihen zu lassen, verbinde ich damit die Versicherung, daß ich diese Verwilligung mit dem größten Danke meinerseits anzuerkennen wissen werde, der ich mit der größten Hochachtung zu verharren die Ehre habe

Eines Hochlöblichen Stadt-Magistrats

gehorsamster Diener,
Wilhelm Weber,
Professor an hiesiger Universität.

Göttingen,
den 20. April 1833.

4. Der Göttinger Magistrat an Wilhelm Weber.

Unter den von Ew. Wohlgeboren uns gegebenen Erläuterungen lassen wir die auf dem Johannis-Thurme gemachten Vorrichtungen zu magnetisch-galvanischen Beobachtungen bis auf weiteres gern geschehen, sowie wir auch nichts dabey zu erinnern finden, daß Ew. Wohlgeboren behufs dieser Beobachtungen Sich mit einem Gehülfen dann und wann auf dem Thurme aufhalten. Unter Versicherung unserer vollkommensten Hochachtung

Göttingen, den 6. May 1833.

Der Magistrat der Stadt Göttingen.
G. C. E. Ebell, Dr.

Göttingische gelehrte Anzeigen 1834 Seite 1272 (Mittheilung von C. F. Gauß über die Errichtung des ‚Magnetischen Observatoriums'): „Wir können hierbei eine mit den beschriebenen Einrichtungen in genauer Verbindung stehende großartige und bisher in ihrer Art einzige Anlage nicht unerwähnt lassen, die wir unserm Herrn Professor Weber verdanken etc." —

Die in Rede stehende Leitung wurde in den ersten Jahren ein paar mal neu hergerichtet; nach 1837, nachdem Weber als einer der „Sieben" seines Amtes entsetzt worden war, verkam sie. Sie hat dann noch existirt bis zum 16. Decbr. 1845, wo in einem Unwetter, das am Nachmittag jenes Tages weit herum auftrat, sie ein Blitzschlag zerstörte. In Goslar schlug während desselben Unwetters der Blitz in den Stephani-Kirchthurm, zündete und vernichtete die Spitze desselben. Für den Göttinger Johannisthurm sind an jenem Tage die an ihm befindlichen Telegraphen-

drähte und ihre Zerstörung aller Wahrscheinlichkeit nach zur Rettung geworden, indem der auf den Thurm aufgefallene sehr starke Blitzschlag, da der Thurm sonst gar keine Ableitung darbot, nur durch die Drähte Auswege fand nach den Blitzableitern auf der Bibliothek und dem Entbindungshaus hinüber, resp. an einer Regenrinne an der Universitätsapotheke hinab. Hannoversche Zeitung No. 301 und No. 302, vom 17. resp. 18. Dec. 1845, Seite 1790 und 1796; Briefwechsel zwischen C. F. Gauß und H. C. Schumacher, Band 5, Altona 1863, Seite 96.

Die Bedenken gegen den physikalischen Übungsunterricht.

Von B. Wiese in Stettin.

Ende September 1926 war eine Tagung des pommerschen Philologenvereins in Stettin über den Arbeitsunterricht. Unter anderem wurden auch in Physik zwei Doppellektionen gehalten. In der einen wurde das Gesetz über das elektrische Wärmeäquivalent durch Übung abgeleitet, in der anderen wurde das spezifische Gewicht von Leuchtgas bestimmt. Klassen: U I bzw. U III. In der nachfolgenden, langen Debatte zeigte es sich, daß die größere Zahl aller Hörer dem Übungsunterricht ablehnend gegenüberstand. Nur wenige verteidigten die gar nicht neue Unterrichtsmethode, die, wenn man durchaus will, als Arbeitsunterricht angesehen werden kann. Solch einen Widerstand hatten die Anhänger sicher nicht erwartet. Ich möchte deshalb auch hier noch einmal das Wort für die gute Sache ergreifen.

Der Augenblick ist vielleicht besonders günstig, denn die neuen Etataufstellungen und Anforderungen werden jetzt vorgenommen. In Stettin haben sämtliche höheren Schulen für die physikalischen Schülerübungen Sonderforderungen gestellt, mit Ausnahme einer Schule, die im vorigen Jahre für diesen Zweck 3000 Mk. bewilligt bekommen hat. Auf Wunsch des Stadtschulamts stellte ich einen Normalsatz für Übungen auf und erreichte die Summe 3400 Mk. Das Interesse ist also da. Die Gemeinden stehen unter dem Zwange der Richtlinien. Die Stadt Stettin wird wahrscheinlich diese Summe auf 2 oder 3 Jahre verteilen.

Für die pekuniäre Lösung dieser Frage ist entschieden die Zeit gekommen. Jetzt kommt es hauptsächlich auf den Standpunkt der Fachkollegen an. Daß der Übungsunterricht gute Erfolge zeitigen muß, kann man allein daran erkennen, daß die Schulen, die ihn einmal längere Zeit betrieben haben, diesen auch fleißig weiter pflegen. Ein vorübergehendes Probieren genügt nicht, um über den Wert einer Unterrichtsmethode zu entscheiden. Auch sind die Mittel unzulänglich, wenn man mit den Übungen gleichzeitig in allen Klassen beginnen will. Schließlich gehört auch zu dem Unterrichte selbst eine gewisse Erfahrung. Jeder Physiker sollte sich für verpflichtet halten, in dieser Methode eigene Erfahrungen zu sammeln und sie nicht von vornherein aus theoretischen Erwägungen ablehnen und angreifen. Die Angriffe, die auf der Tagung gegen den Übungsunterricht vorgebracht wurden, möchte ich zur Sprache bringen, da sich manches Grundsätzliche hierzu sagen läßt.

Zunächst wurde behauptet, daß solch eine Übung keine Arbeit für Primaner sei. Es handelte sich um Abmessen von 800 cm^3 Wasser und Thermometerablesungen zur Bestimmung der Joule'schen Wärme. Die Messungen beanspruchten jedoch nur den vierten Teil der Stunde. Die Hauptzeit nahm das gemeinsame Erarbeiten des Problems und seiner experimentellen Lösung in Anspruch. Fehlerquellen und Grenzen der Genauigkeit wurden eingehend betrachtet und danach die Messungen nur in der erforderlichen Genauigkeit durchgeführt. Die Auswertung wurde dann von den Schülern vorgenommen. In diesem Falle ist der Vorwurf wohl unberechtigt gewesen. Aber ist er dies immer?

Der Vorwurf kann berechtigt sein, wenn den Schülern ein fertiger Zettel in die Hand gegeben wird, ohne daß die Übung vorher erarbeitet worden ist. Ein großer

Teil der Schüler begnügt sich dann mit der rein messenden Lösung der Übung. Das wäre vielleicht rein manueller Arbeitsunterricht, aber ein recht unerwünschter. Die Persönlichkeit des Lehrers wird hierdurch auch unnötig in den Hintergrund gedrängt. Damit handelt man vielleicht im Sinne der Richtlinien, ob aber im Interesse der Schüler? Ich habe es bisher immer als notwendig gehalten, nach der allgemeinen Besprechung den messenden Gruppen Winke zu geben. Manches Mißverständnis wurde im Zwiegespräch beseitigt. Haben die Schüler den Zettel, dann glauben sie, es verstehen zu müssen und kommen nicht mit Zweifeln heraus. Das Vertrauensverhältnis zwischen Lehrer und Schüler ist gerade bei Übungen so leicht herbeizuführen, da der Lehrer aus dem reichen Schatz seiner experimentellen Erfahrung spenden kann. Eine offene Frage ist die Verwendung von Merkzetteln nach vorangegangener Besprechung und in solchen Fällen, wo die einzelnen Gruppen verschiedene Aufgaben zu lösen haben.

Ferner wurde die experimentelle Ableitung des JOULEschen Gesetzes bemängelt. Ein Gehen in die Tiefe wurde vermißt. Wenn man sich mit der reinen Ableitung eines Gesetzes begnügte, ohne das Ergebnis theoretisch auszuwerten, dann wäre dieser Vorwurf selbstverständlich angebracht. Falsch erscheint es mir jedoch, auf die experimentelle Grundlage eines Gesetzes zu verzichten, auch wenn dies mehr Zeit als sonst beanspruchen sollte. Ich halte es für eine Pflicht des Lehrers, diese experimentelle Möglichkeit auszunutzen, sei es durch Übung oder Demonstrationsversuch.

Hier berühren wir ein Problem des Arbeitsunterrichts. Dogmatiker sagen: keinen Lehrervortrag bzw. nur Übungen! Keine Theorie! Denn die Physik ist eine Erfahrungswissenschaft! Diese These ist wohl als Reaktion auf die Kreidephysik früherer Zeiten anzusehen. Der wahre Weg liegt in der Mitte. Der Unterricht in der Oberstufe wäre ohne Theorie recht unfruchtbar. Von der Elektrostatik bliebe z. B. nichts übrig. Weglassen kann man dieses Gebiet nicht, wo unsere Schüler Drehkondensatoren von 100 bis 1000 cm Kapazität kaufen. Sie fordern über die Benennung cm mit Recht Aufklärung. Damit erledigt sich auch die Streitfrage über Bringen oder Nichtbringen der elektrostatischen Potentialtheorie.

Ebenso schlimm wäre es, wenn man nur Übungen zuließe. Es läßt sich nicht jedes Gebiet durch Übungen erschließen, die Schulmittel reichen hierzu einfach nicht aus und schließlich auch nicht die Zeit.

Damit kommen wir zu dem Haupteinwand, der von allen Seiten vorgebracht wurde. Wir reichen nicht mit der Zeit. Der Stoff ist jetzt schon kaum zu bewältigen. Wie soll es werden, wenn wir alles in Übungen erledigen wollen!

Gerade für die U III ist dies ein schöner Weg. Die Vorverlegung des Physikunterrichts in diese Klasse ist bei diesem Verfahren kein Schaden! Das Interesse der Schüler ist bei Übungen sehr groß, wesentlich größer als bei Demonstrationen; damit ist ein besseres Haften des Stoffes verbunden. Durch die manuelle Tätigkeit der Schüler wird dieses Haften noch verstärkt. Hierin liegt die Überlegenheit des Übungsunterrichts. Der durchgenommene Stoff bietet ein durchaus zuverlässiges Fundament für den weiteren Aufbau. Theoretische Teile der Physik werden von den Schülern leicht und schnell überwunden, weil sie sich die Begriffe durch Versuche erarbeitet haben. Hierdurch schafft man das Pensum ohne größere Schwierigkeiten.

Es gibt Vorkämpfer dieser Unterrichtsweise, die auch eine unvollständige Darbietung der Physik befürworten, wenn nur alles in Übungen erledigt wird. Läßt man nur Übungen zu, dann ist man hierzu gezwungen. In der gemischten Arbeitsweise, für die ich das Wort ergreife, ist man nicht zu dieser Gewaltmaßnahme genötigt. Man tut doch der Physik Gewalt an, wenn man willkürlich Teile ausläßt. Anders wäre es, wenn man entsprechend der Klage über Stoffüberbürdung und einseitiger Betonung des Wissens unwichtige Teile ausläßt. Hier erscheint mir jedoch das Prinzip „nur Übungen“ als ein recht ungeeigneter Maßstab.

Der Hauptvorteil der Übungen macht sich erst auf der Oberstufe bemerkbar. Experimentelle Wiederholungen sind kaum nötig. An Hand ihrer Ausarbeitungen wiederholen die Schüler den Stoff aus der Unterstufe. Die Übungen sind ihnen vollständig gegenwärtig. Damit ist viel Zeit gewonnen. Schwerere Übungen geben Gelegenheit, den Stoff von höherem Standpunkte aus zu beleuchten. Ich möchte behaupten, daß man bei dieser Unterrichtsweise noch tiefer in den Stoff eindringen kann als nach der anderen Methode. Die Schüler folgen williger, da Übungen ihrem Drange nach Selbsttätigkeit folgen.

Ich möchte noch zu dem letzten Einwand Stellung nehmen. Nicht zu viel Übungen aus einem Spezialgebiet, z. B. spezifische Gewichtsbestimmungen. Dann gibt man nämlich berechtigten Anlaß zu den bisher vorgebrachten Bedenken. Die Arbeit der Schüler kann dann leicht rein manuell sein. Der Erfolg ist im Verhältnis zur aufgewandten Zeit zu gering. Gerade in der U III ist die Versuchung groß durch das Bestreben, möglichst alles in Übungen zu bringen. Schließlich muß auch in der Oberstufe für Wiederholungen etwas Neues übrig bleiben.

Die Angriffe richteten sich bisher gegen die Methode. Viel schwerer sind die Bedenken, die wegen der starken Klassen vorgebracht wurden. In einer Klasse von 40 Schülern ist dieser Unterricht unmöglich. Den einzigen Ausweg bildet hier die Teilung der Klasse. Sie erfordert nur ein geringes Mehr an Stunden. Sind z. B. 3 Stunden planmäßig, dann werden 2mal 2 Stunden angesetzt. Der Mehrbedarf beträgt nur eine Stunde. In den halben Klassen schafft man in den zwei Wochenstunden das Pensum bequem. Es besteht auch noch die Möglichkeit, bei Demonstrationen die ganze Klasse zu nehmen. Es arbeitet sich so sehr schön.

Natürlich erfordert diese Maßnahme einen einsichtsvollen Direktor. Man kann sich auf den Standpunkt stellen, daß jedes Fach diesen Wunsch äußern möchte. Kleine Klassen sind gewiß für alle Fächer von großem Vorteil, aber keine unerläßliche Vorbedingung für modernen Unterricht; für die Physik sind kleine Klassen eine Lebensnotwendigkeit. Bei Kleinstadtschulen ist es ja nun oft so, daß auch bei gutem Willen des Direktors, trotz mancher Kunstgriffe, z. B. Zusammenlegung des Religionsunterrichts in Konfirmandenklassen, dieses geringe Mehr an Stunden im Kollegium nicht unterzubringen ist. Manchmal bieten Vertretungsstunden eine Ausgleichsmöglichkeit. Letzten Endes ist alles eine Finanzfrage, wie die ganze Schulreform eine solche ist.

In der Einleitung habe ich die Kostenfrage berührt. Es werden etwa 3400 Mk. gebraucht. Von dieser Summe beanspruchen Spektroskope und elektrische Meßinstrumente allein eine Summe von rund 1500 Mk. Es läßt sich natürlich auch ohne Spektroskop und mit billigeren Meßinstrumenten arbeiten. Ich habe als Norm 12 Arbeitgruppen vorgesehen, so daß 24 Schüler gleichzeitig beschäftigt werden können. Vorbedingung ist ein Übungsraum mit Gas und elektrischen Tischanschlüssen. An kleineren Anstalten genügt ein Raum für Physik und Chemie. Gelegentliche Überlagerung von Stunden läßt sich besonders in der Oberstufe ertragen. Für den Übungsunterricht sind Doppelstunden erwünscht, bei 3 Wochenstunden ist eine Doppelstunde notwendig.

Die oben erwähnte Summe läßt sich auf zwei oder drei Jahre verteilen. Für die U III braucht man 10 oder 12 Wagen mit Gewichtssätzen, Schublehre, Mikrometerschrauben, Meßzylinder, Thermometer und Bechergläser, diese auch als Kalorimeter. Mit diesen Apparaten läßt sich die Meßkunde und fast die gesamte Wärmelehre durch Übungen erledigen. Das ist eine Ausgabe von etwa 500 Mk. Lächerlich billig ist die Optik. Aus Glasplatten lassen sich Prismen und Glasblöcke leicht herstellen. Linsen sind billig, Stecknadeln erst recht. Die optischen Bänke liefern 1 m-Lineale mit rechteckigem Querschnitt. Große Uhrgläser bilden Konvex- und Konkavspiegel. Teuer sind nur die oben erwähnten Meßinstrumente. Vieles läßt sich im Bastelunterricht durch Schüler herstellen. Schließlich ist nicht unwesentlich, daß die

liefernden Firmen bei Entnahme von 10 Stück oder mehr bereitwilligst Rabatt gewähren.

Die pekuniären Schwierigkeiten sind nicht so unüberwindlich, wie sie zuerst erscheinen. Viel schwerer sind die schultechnischen Hindernisse bei Klassenteilungen und das daraus entstehende geringe Mehr an Stunden. Am allerschwersten ist die ablehnende Haltung eines bedeutenden Teiles der Physiklehrer. Der Zweck dieser Zeilen war nicht, zu überzeugen; das können auch nicht die wenigen Stunden auf einer Tagung. Das kann nur erreicht werden durch eigenes, mehrjähriges Probieren. Um hierzu noch eine stärkere Anregung zu geben, ist vom Ministerium z. B. dem P. S. K. Pommern eine Summe von 9000 Mk. zur Verfügung gestellt worden. Kollegen aus der Provinz soll die Möglichkeit gegeben werden an Schulen, die sich etwa erfolgreich mit dem Problem des Arbeitsunterrichtes beschäftigt haben, dabei zu verweilen und zu arbeiten. Aber auch ohne diese Kurse die Tat! Schließlich ist der Übungsunterricht kein neues Evangelium, sondern eine alterprobte Unterrichtsweise. Der Unterrichtserfolg einer längeren Probezeit wird dieser Methode den Weg für immer frei machen.

Zur Ammoniaksynthese mittels Katalysatoren.

Von Dr. **H. Valentin** in Tilsit.

In dieser Zeitschrift[1]) wurde eine Versuchsordnung beschrieben, nach der in einfachster Form die Synthese des Ammoniaks aus seinen Elementen im Unterricht demonstriert werden kann. Eine Nachprüfung ergab zunächst, daß der Versuch sich leicht ausführen läßt, wenn man sich streng an die angegebene Vorschrift hält, so daß auch ich ihn regelmäßig im Unterricht verwerte und gelegentlich weiter empfohlen habe. Als mir vor kurzem von anderer Seite mitgeteilt wurde, daß die Ammoniaksynthese auch nicht in Spuren vor sich gehe, wenn chemisch reiner Luftstickstoff zur Verwendung komme, entschloß ich mich, experimentell festzustellen, unter welchen speziellen Bedingungen die Bindung von Stickstoff und Wasserstoff sich ermöglichen läßt.

Ich wiederholte zu diesem Zweck den Versuch in der angegebenen Weise und konnte feststellen, daß bereits nach wenigen Minuten eine deutliche Blaufärbung des Lackmuspapiers eintrat. Ich beobachtete dabei an der erkalteten Innenwand der Glasröhre einen deutlichen Wasserhauch. Diese Erscheinung war zunächst nicht auffallend, da das angewandte Gasgemisch direkt aus dem Gasometer in den Reaktionsraum geleitet wurde und daher Spuren von Wasserdampf mitgeführt wurden.

Ich setzte nun die Versuche fort, indem ich das Gemisch von Wasserstoff und Stickstoff durch zwei Waschflaschen, die mit konzentrierter Schwefelsäure beschickt waren, leitete und nun in trockenem Zustande der Einwirkung des Katalysators aussetzte, der aus Merckschem reinen, durch eine Stromquelle glühend gemachten Klavierdraht bestand. Das Lackmuspapier bläute sich bald, aber auch der oben beschriebene Wasserhauch entstand wieder.

Das Wasser konnte sich demnach nur durch die chemische Umsetzung gebildet haben, und die Vermutung lag nahe, daß der Stickstoff, der durch Eintropfenlassen von konzentrierter Natriumnitritlösung in heiße konzentrierte Salmiaklösung hergestellt war, Spuren von Stickstoffoxydul enthielt, und daß dieses Gas allein durch den Wasserstoff zu Ammoniak reduziert wurde. Es ist bekannt, daß nach dem oben erwähnten Verfahren nur dann reiner Stickstoff resultiert, wenn die betreffenden Substanzen in ganz bestimmten Mengenverhältnissen aufeinander reagieren, im anderen Falle wechselnde Mengen von N_2O entstehen. Und es leuchtet ohne weiteres ein, daß der an Sauerstoff gebundene Stickstoff leicht reduzierbar ist.

[1]) W. Flörke, Ammoniaksynthese Jahrg. 39, H. 2, S. 80—81. W. Flörke, Zur Ammoniaksynthese mit elektrisch beheizten drahtförmigen Katalysatoren Jahrg. 39, H. 6, S. 283.

Aus diesem Grunde stellte ich nach den Angaben von Karl A. Hofmann[1]) Stickstoff her, befreite ihn durch Waschen in einer Lösung von Kaliumdichromat in 10%iger Schwefelsäure von etwaigem Stickstoffoxydul, mischte ihn jetzt nach Vorschrift in einem Gasometer mit Wasserstoff und arbeitete weiter nach der beschriebenen Methode, indem ich auch das Gasgemisch mit konzentrierter Schwefelsäure trocknete, ehe es zur Reaktion gebracht wurde. Auch nach einer halben Stunde war eine Bläuung des Lackmuspapiers nicht zu erkennen, ebensowenig ein Wasserhauch beobachtbar.

Vielleicht lehrt die Versuchsanordnung von Flörke etwas ganz anderes, als durch das Experiment beabsichtigt ist, daß nicht der freie Stickstoff — und dies wäre doch das Novum in der Haberschen Synthese — sondern der in Spuren vorhandene gebundene Stickstoff sich mit Wasserstoff zu Ammoniak verbindet. Ein endgültiges Urteil möchte ich heute noch nicht abgeben, da eine Primanerin, die an der chemischen Arbeitsgemeinschaft teilnimmt, augenblicklich damit beschäftigt ist, die Verhältnisse näher zu untersuchen. Es handelt sich zunächst um die Feststellung, wieviel Stickstoffoxydul in dem Stickstoff vorhanden ist, wenn die Salzlösungen in anderen Mengenverhältnissen als sie Hofmann angibt, aufeinander reagieren. Hierüber findet man in der Literatur wenig Angaben. Mit derartigen Stickstoffmengen soll die Synthese ausgeführt und titrimetrisch die in der Vorlage gesammelten Ammoniakmengen bestimmt werden, um auf diesem Wege vielleicht den Nachweis zu erbringen, daß nur der an Sauerstoff gebundene Stickstoff von dem Wasserstoff reduziert ist.

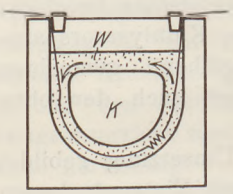
Es erscheint auch nicht ausgeschlossen, daß andere Substanzen, die fähig sind, Stickstoff in der Glühhitze zu resorbieren, z. B. chemisch reine Leichtmetalle in kolloidem Zustande, als geeignete Katalysatoren für diesen Prozeß in Frage kommen. Auch auf diesen Punkt sollen sich die hiesigen Untersuchungen erstrecken.

Über das endgültige Ergebnis der Feststellungen soll später berichtet werden. Aber vielleicht findet sich auch in anderen Anstalten Gelegenheit, diesen Fragen nachzugehen, um eine endgültige Klärung dieses Versuchs, der nicht nur unterrichtliches, sondern auch hohes theoretisches Interesse beansprucht, herbeizuführen.

[1]) Lehrbuch der anorganischen Chemie. Vieweg, Braunschweig 1920, S. 84.

Für die Praxis.

Modell einer Warmwasserheizung. Von Dr. **E. Boerma** in Wunstorf. — Handlicher als Weinholds Glasapparat oder ein improvisierter Aufbau aus Kochflaschen und Glasröhren ist folgende Zusammenstellung. In eine Leybold'sche Küvette bringt man eine kleine Heizspirale, die man sich durch Umwickeln einer Stricknadel mit einigen Windungen von dünnem Eisendraht hergestellt hat. Die Zuführungsdrähte bestehen aus dünnem blanken Kupferdraht, der oben mit zwei Korkkeilen festgeklemmt wird. In der Mitte hält sich durch Reibung eine Korkscheibe *K*. *W* ist Wasser, in welchem etwas entfettete Aluminiumbronze[1]) suspendiert ist. Bei mäßiger Stromstärke, bei der noch keine Gefahr für die Küvette besteht, wird die Kreisströmung des Wassers durch Projektion in sehr eindrucksvoller Weise sichtbar.



[1]) Diese kann von Spindler & Hoyer, Göttingen, bezogen werden und wird von dieser Firma auch dem „Schleppversuch"-Apparat von Prof. Pohl beigegeben.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die durchdringende Höhenstrahlung. Orig.-Bericht von R. PYRKOSCH.

Die sog. durchdringende Strahlung wurde durch die Ionisation entdeckt, die sie in der atmosphärischen Luft erzeugt. Bekanntlich enthält jedes Gas stets positiv und negativ geladene Elektrizitätsträger oder Ionen, deren Ladung gleich dem elektrischen Elementarquantum ist[1]). Ihrer Masse nach sind sie sehr verschieden; die für die Leitfähigkeit der Luft besonders in Betracht kommenden sog. leichten Ionen bestehen aus ungefähr 10 Molekeln, die sich um eine mit der Elementarladung versehene Zentralmolekel herumgelagert haben. Diese Größenordnung wird aus ihrer Beweglichkeit geschlossen, die dadurch charakterisiert wird, daß ein solches Ion bei einer Feldstärke von 1 Volt pro Sekunde eine Geschwindigkeit von ungefähr 1 cm pro Sekunde annimmt. Werden die Beweglichkeiten der positiven und negativen Ionen mit v_+ und v_-, ihre Zahlen pro ccm mit n_+ und n_- bezeichnet, und ist ε das Elementarquantum, so ist die elektrische Leitfähigkeit der Luft gleich

$$\varepsilon\,(n_+ \cdot v_+ + n_- \cdot v_-).$$

Die Stärke eines Ionisators oder ionenerzeugenden Agens wird durch die Anzahl der Ionenpaare gemessen, die er pro ccm und sec hervorbringt. Der Erzeugung von Ionen wirken entgegen ionenvernichtende Prozesse, von denen die Wiedervereinigung von Ionen entgegengesetzten Vorzeichens am wichtigsten ist. Wenn man dem Massenwirkungsgesetz entsprechend die Zahl der pro ccm und sec durch Rekombination verschwindenden Ionen proportional der Zahl der positiven und negativen Ionen pro ccm setzt, wenn ferner q die Anzahl der pro ccm und sec erzeugten Ionenpaare ist und α einen Proportionalitätsfaktor bedeutet, so folgt für die Änderung der Ionenzahl die Gleichung

$$\frac{dn}{dt} = q - \alpha \cdot n^2.$$

Dabei ist der Einfachheit halber vorausgesetzt, daß gleichviel positive und negative Ionen vorhanden sind, während in Wirklichkeit die positiven infolge des elektrischen Erdfelds meist etwas überwiegen. Für den stationären Zustand folgt daraus die Gleichung

$$n = \sqrt{\frac{q}{\alpha}},$$

durch die die Ionenzahl durch die Ionisierungsstärke und den Wiedervereinigungskoeffizienten bestimmt wird.

Zur Messung der Leitfähigkeit der Luft, der Ionenzahlen und Ionenbeweglichkeiten dienen Apparate, als deren Typus der GERDIENsche Aspirator angesehen werden kann[1]). Er besteht im wesentlichen aus einem Zylinderkondensator, dessen äußere Elektrode geerdet ist, während die innere mit einem empfindlichen Elektrometer in Verbindung steht und auf eine Spannung von etwa 100 Volt geladen ist. Durch einen Ventilator wird ein konstanter Luftstrom mit einer Geschwindigkeit bis 4 m pro Sekunde hindurchgesaugt, und die in ihm mitgeführten Ionen werden durch die elektrische Kraft senkrecht gegen die Strömungsrichtung abgelenkt, so daß sie teilweise oder vollständig in parabolischen Bahnen nach der Innenelektrode übergeführt werden. Aus der Kapazität des Kondensators, der Geschwindigkeit der Luft, der Aspirationszeit und dem Spannungsverlust des Elektrometers lassen sich dann die in Betracht kommenden Größen berechnen.

Die zahlreichen Messungen, die auf diese oder ähnliche Weise ausgeführt worden sind, haben ergeben, daß die Gesamtleitfähigkeit der Luft im Mittel etwa $2 \cdot 10^{-4}$ sec^{-1} in elektrostatischen Einheiten beträgt. Dabei ist die Leitfähigkeit über dem Meere nicht kleiner als über dem Festland, wie auf den Fahrten des Forschungsschiffes Carnegie hauptsächlich gezeigt worden ist. Messungen, die auf hohen Bergen oder im Ballon oder Flugzeug in großen Höhen vorgenommen worden sind, haben größere Werte ergeben, wovon weiter unten näher die Rede sein wird. Von meteorologischen Faktoren hat die Reinheit der Luft den größten Einfluß auf die Leitfähigkeit; größere Reinheit hat größere Beweglichkeit der Ionen und damit erhöhte Leitfähigkeit zur Folge. Die Anzahl der leichten Ionen eines Vorzeichens ist nach lokalen Verhältnissen sehr verschieden, doch kann als Mittelwert 600 bis 800 angenommen werden. Die Zahl der großen Ionen, die die kleinen oder leichten an Masse weit übertreffen und zumeist dadurch entstehen, daß sich kleine Ionen an Kondensationskerne anlagern, von denen Staubteilchen oder Nebeltröpfchen in erster Linie zu nennen sind, ist zwar im allgemeinen erheblich größer als die der kleinen gefunden worden, doch kommen sie trotzdem wegen ihrer außerordentlich viel kleineren Beweglichkeit für die Leitfähigkeit gegenüber den kleinen wenig in Betracht.

Wenn zunächst von der Höhenstrahlung abgesehen wird, sind als Ionisatoren der Atmosphäre in erster Linie und die anderen an Bedeutung weit überragend die Spuren radioaktiver Elemente zu nennen, die in der Erdrinde, den Gewässern und der Luft nachgewiesen worden sind[2]). Von besonderer Wichtigkeit sind dabei wieder die Emanationen des Radiums, Thoriums und Akti-

[1]) Vgl. zu dem Folgenden: VIKTOR F. HESS, Die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre und ihre Ursachen (Sammlung Vieweg) Braunschweig 1926. Die Literaturangaben sind zum großen Teil dem Buch entlehnt.

[1]) l. c. S. 22 und Phys. Zeitschr. 6, 800; 1905.

[2]) l. c. S. 58 ff.

niums mit ihren unmittelbaren Umwandlungsprodukten. Wegen ihrer kurzen Lebensdauer kommen die Emanationen der beiden letzten Elemente in größeren Höhen über dem Erdboden nicht vor, aber auch in unmittelbarer Bodennähe hat sich ergeben, daß die Radiumemanation zur Ionisation der Luft $1^1/_2$ bis 5mal soviel beiträgt wie die des Thoriums, während die des Aktiniums noch viel weniger in Betracht kommt. Die in der Luft enthaltenen Emanationen werden beständig vom Erdboden her regeneriert, der das Uran mit seinen Zerfallsprodukten einschließlich des Radiums sowie die Reihe der Thorium- und Aktiniumprodukte enthält, und es stellt sich zwischen den auf einander folgenden Substanzen bald das radioaktive Gleichgewicht her, indem von jeder pro Zeiteinheit im Mittel ebensoviel Atome durch Zerfall verschwinden, als von der vorangehenden nacherzeugt werden. Von den α-, β- und γ-Strahlen, die von den radioaktiven Stoffen ausgesandt die Luft ionisieren, sind von hauptsächlicher Bedeutung die γ-Strahlen des Radium *C*, besonders auch, weil sie in der Geschichte der durchdringenden Strahlung eine Hauptrolle spielen. Ihre Wellenlänge liegt um 10^{-9} cm, und sie werden erst durch eine Bleischicht von 14 mm auf die Hälfte abgeschirmt.

Der Radiumgehalt der meisten Gesteine ist von der Größenordnung 10^{-12} Gramm pro Gramm Gestein, der des Meerwassers und Flußwassers im Mittel etwa gleich $2 \cdot 10^{-15}$ Gramm. Die internationale Einheit für die Radiumemanation ist das Curie, d. i. die Menge, die mit 1 Gramm Radium im Gleichgewicht steht. Der mittlere Gehalt der Bodenluft an dieser Emanation beträgt ungefähr $2 \cdot 10^{-13}$ Curie pro ccm, d. h. etwa 2000 mal soviel als der mittlere Gehalt der freien Atmosphäre und etwa $^1/_{10}$ der Menge, die mit dem im Boden durchschnittlich enthaltenen Radium im Gleichgewicht wäre. Für die atmosphärische Ionisation ist vor allem entscheidend die Menge der aus dem Boden in die Luft entweichenden Emanation. Dieser Betrag wurde an verschiedenen Orten sorgfältig gemessen; die unter anderen von JOLY und SMYTH [1]) in Dublin angestellten Messungen haben als die mittlere pro qcm und sec in die Atmosphäre austretende Menge $0{,}74 \cdot 10^{-16}$ Curie ergeben.

Der Gehalt der atmosphärischen Luft selbst an Radiumemanation kann direkt bestimmt werden, indem man Luft über frisch geglühte Kokosnußkohle oder durch Flüssigkeiten leitet, die die Emanation stark absorbieren, oder indem man aus dem Gehalt der Luft an den unmittelbaren Zerfallsprodukten der Emanation auf den Emanationsgehalt schließt [2]). Die Teilchen des Radium *A*, das aus der Emanation entsteht, verhalten sich nämlich wie positive Ionen und können z. B. bei der GERDIENschen Aspirationsmethode durch die negativ geladene Innenelektrode abgefangen werden.

Als Mittelwert hat sich bei diesen Messungen auf dem Festlande etwa $130 \cdot 10^{-18}$ Curie pro ccm ergeben. Besonders die Fahrten der Carnegie haben gezeigt, daß der Emanationsgehalt der Luft über landfernen Gebieten des Meeres ungefähr nur den hundertsten Teil davon beträgt, was aus dem festländischen Ursprung der Emanation ohne weiteres verständlich ist. Messungen, die auf einem 2460 m hohen Berge und bei fünf Flugzeugaufstiegen bis 4 km Höhe angestellt wurden, zeigen deutlich, daß der Emanationsgehalt mit der Höhe stark abnimmt.

Zur Entdeckung der durchdringenden Höhenstrahlung führte die im Jahre 1901 von ELSTER und GEITEL [1]) sowie von C. T. R. WILSON [2]) festgestellte Tatsache, daß vollkommen gegen die Außenwelt abgeschlossene Luft auch dann noch schwach ionisiert ist, wenn die etwa in ihr im Anfang enthaltenen radioaktiven Substanzen zerfallen und verschwunden sind. MC LENNAN und BURTON [3]) sowie RUTHERFORD und COOKE [4]) zeigten sodann, daß diese Ionisation erheblich vermindert wird, wenn man das die Luft einschließende Gefäß mit dickeren Schichten inaktiver Stoffe umgibt. Es lag also der Schluß nahe, daß ein Teil der Ionisation der Luft von einer Strahlung herrühre, die sich wie die γ-Strahlen der radioaktiven Stoffe durch hohe Durchdringungskraft auszeichnet.

Von MC LENNAN [5]), WULF [6]), GOCKEL u. WULF [7]), WRIGHT [8]) wurde ferner festgestellt, daß die Ionisation schon dadurch vermindert wird, daß das Gefäß über Wasser oder Eis statt über Festland aufgestellt wird, so daß sie von den radioaktiven Substanzen des Erdbodens herzurühren schien. Dann mußte sie aber mit zunehmender Höhe stark abnehmen. Beobachtungen auf Türmen ergaben eine kleinere Abnahme, als man erwartet hatte. Auch die ersten Ballonfahrten lieferten keine sicheren Ergebnisse. Erst VIKTOR HESS [9]) konnte in den Jahren 1911 und 1912 bei zehn Ballonfahrten mit verbesserten Apparaten zeigen, daß die durchdringende Strahlung bis 1000 m etwas abnimmt, von 2000 m an aber wieder deutlich zunimmt. Diese Zunahme wuchs besonders von 3000 m an, und in 5000 m Höhe war die Ionisation 2 bis 3 mal so groß wie am Erdboden. HESS deutete seine Beobachtungen durch die Annahme einer sehr durchdringenden Strahlung kosmischen Ursprungs, die von oben in die Atmosphäre eindringt und selbst am Erdboden noch einen Teil der Ionisation in geschlossenen Gefäßen bewirkt. Kurz darauf hat

[1]) Philosophical Magazine (6) **24**, 632; 1912.
[2]) V. HESS, Die elektr. Leitf. usw. S. 89ff.

[1]) Phys. Zeitschr. **2**, 116, 560, 590; 1900/01.
[2]) Proc. Cambr. Phil. Soc. **11**, 62; 1900 und Proc. Roy. Soc. London A **68**, 151; **69**, 277; 1901.
[3]) Phys. Zeitschr. **4**, 553, 1902/03. Phil. Mag. (6) **6**, 343. Physical Review **16**, 184.
[4]) Phys. Rev. **16**, 183; 1903.
[5]) Phys. Zeitschr. **9**, 440; 1908.
[6]) Phys. Zeitschr. **10**, 997; 1909.
[7]) Phys: Zeitschr. **9**, 907; 1908.
[8]) Phil. Mag. (6) **17**, 295; 1909.
[9]) Phys. Zeitschr. **12**, 998; 1911. **13**, 1084; 1912.

KOLHÖRSTER[1]) nach abermaliger Vervollkommnung der Apparate 5 Ballonhochfahrten unternommen, die bis 5 km die Ergebnisse von HESS bestätigten, dann aber darüber hinaus eine außerordentlich gesteigerte Ionisationszunahme bis zu 9 km feststellten. So betrug z. B. diese Zunahme in 5000 m Höhe rund 16 Ionen gegen den Erdboden, wo Ionen kurz Ionenpaare pro ccm und Sekunde bedeutet, in 6000 m Höhe 28 Ionen, bei 7000 m 45 Ionen, bei 8000 m 62,5 Ionen, bei 9300 m 85 Ionen. Die bei derartigen Messungen verwendete Apparatur ist im Prinzip sehr einfach; das wesentlichste ist das kugelförmige oder zylindrische Ionisationsgefäß mit einem axialen Stift als Innenelektrode, die mit einem hochempfindlichen Elektrometer verbunden ist. Zwischen dieser Elektrode und der Gefäßwand ist eine Potentialdifferenz angelegt, die ausreichen soll, um Sättigungsstrom zu erzeugen, wozu bei Gefäßen von 1 bis 4 Liter, Spannungen von 100 bis 200 Volt nötig sind. Bei der Entlademethode wird das Elektrometer mit der Innenelektrode geladen und das Gefäß geerdet, bei der Auflademethode umgekehrt verfahren; im ersten Falle wird die Entladungsgeschwindigkeit des Elektrometers, im zweiten die Aufladegeschwindigkeit beobachtet, aus der im Verein mit der Kapazität des Systems und dem Volumen des Gefäßes in einfacher Weise der Sättigungsstrom und die Ionisation bestimmt wird[2]). Die dabei auftretenden Stromstärken sind sehr gering; z. B. entspricht einer Ionisierungsstärke von 10 Ionen (Ionenpaare pro ccm und sec) in einem Litergefäß eine Stromstärke von nur $1{,}6 \cdot 10^{-15}$ Ampere. Um bei gegebener Ionisierungsstärke die Entladung des Elektroskops möglichst zu beschleunigen, muß die Kapazität möglichst klein oder das Volumen möglichst groß sein. Die Wirksamkeit kann auch dadurch gesteigert werden, daß man das Gefäß mit spezifisch dichteren Gasen als Luft füllt oder die Luft komprimiert. Als besonders zweckmäßig und bequem transportabel hat sich der WULFsche Strahlungsapparat[3]) bewährt, bei dem der zylindrische Elektrometerraum selbst als Ionisationskammer dient, während das geladene Quarzfädenpaar zugleich die Innenelektrode darstellt. Es gelingt auf diese Weise, die Gesamtkapazität auf etwa 1 cm herabzudrücken. Der Apparat, der besonders von KOLHÖRSTER[4]) vervollkommnet worden ist, läßt sich vollkommen luft- und wasserdicht abschließen.

Die in geschlossenen Gefäßen beobachtete Ionisation ist nach dem Vorhergehenden nicht einheitlichen Ursprungs[5]). Sie besteht vielmehr aus 4 Komponenten, die im folgenden kurz gekennzeichnet werden sollen. Ein Teil wird durch radioaktive Wirkung der Gefäßwände bedingt und wird als Gefäßstrahlung oder Reststrahlung bezeichnet, weil er notgedrungen übrig bleibt, auch wenn es gelingt, alle anderen Ionisatoren abzuschirmen. Durch geeignete Auswahl des Gefäßmaterials kann man sie auf 2 bis 4 Ionen beschränken. Die im Gefäß anfangs etwa vorhandenen radioaktiven Bestandteile wie die Emanationen werden unwirksam gemacht, indem man das Gefäß bei luftdichtem Abschluß lange genug stehen läßt, bis diese Substanzen durch Zerfall verschwunden sind.

Der zweite Anteil der Ionisation wird durch die γ-Strahlen der in der Luft enthaltenen radioaktiven Substanzen bedingt und als der der Luftstrahlung bezeichnet, während der Anteil der Erdstrahlung durch die γ-Strahlen der radioaktiven Bestandteile des Erdbodens erzeugt wird. Der vierte Anteil endlich ist der der durchdringenden Höhenstrahlung. Um die einzelnen Komponenten voneinander zu trennen, schirmt man die eine oder andere ab oder nimmt die Versuche an Orten vor, wo z. B. die Erdstrahlung fehlen muß. Soll die Luftstrahlung beseitigt werden, so wird der Apparat etwa durch Wasser- oder Eisschichten oben und seitlich abgeschirmt, so daß die γ-Strahlen der radioaktiven Substanzen der äußeren Luft nicht mehr durchdringen können; zur Vermeidung der Erdstrahlung kann er direkt über einer Wasserfläche aufgestellt werden. Um die Höhenstrahlung ganz auszuschalten, muß das Gefäß von 10 bis 15 m dicken Eis- oder Wasserschichten ganz umgeben oder in Bergwerken aufgestellt sein. Auf diese und andere Weisen ist festgestellt worden, daß im Mittel auf die Luftstrahlung 0,2 Ionen, auf die Erdstrahlung 2 bis 10 Ionen entfallen. Der Anteil der Höhenstrahlung beträgt nach Versuchen und Berechnungen von SCHWEIDLER[1]), KOLHÖRSTER[2]), GOCKEL[3]), G. HOFFMANN[4]) und anderen im Meeresniveau 1 bis 2 Ionen. Wie schon oben bemerkt, ist er in größeren Höhen viel beträchtlicher; von den Ergebnissen bei den Ballonflügen von V. HESS und KOLHÖRSTER ist schon die Rede gewesen; sie haben neuerdings eine gute Bestätigung durch K. BÜTTNER[5]) erhalten, der 3 Hochflüge zu diesem Zweck bis zu 6800 m unternahm und auch im Passagierflugzeug Messungen anstellte. Auch im Gebirge ist die Höhenstrahlung untersucht worden, unter anderen von GOCKEL[6]) und KOLHÖRSTER[7]). Der erstere fand auf Gletschern in 2800 bis

[1]) Phys. Zeitschr. **14**, 1066, 1153; 1913.

[2]) Vgl. V. F. HESS, Die elektr. Leitf. usw. S. 104 ff.

[3]) Phys. Zeitschr. **10**, 152 u. 997; 1909.

[4]) Phys. Zeitschr. **14**, 1066; Abh. Naturf. Ges. Halle 1913, Nr. 5; 1914, Nr. 4. Zeitschr. f. Phys. **5**, 107, 1921. Zeitschr. f. Instr.-Kunde **44**, 334, 494, 1924. Phys. Zeitschr. **27**, 62, 1926.

[5]) l. c. S. 108 ff.

[1]) Wiener Berichte **121**, 1297, 1912; **122**, 137, 1913; **126**, 1009, 1917. ELSTER-GEITEL-Festschrift, Braunschweig 1915.

[2]) Phys. Zeitschr. **14**, 1066; 1913. Zeitschr. f. Phys. **11**, 379; 1922.

[3]) A. GOCKEL, Luftelektrizität (Leipzig: Hirzel 1908) S. 115.

[4]) Phys. Zeitschr. **25**, 177, 1924; **26**, 40, 1925.

[5]) Naturwissenschaften **15**, 158, 1927.

[6]) Phys. Zeitschr. **16**, 345; 1915.

[7]) Sitzungsber. Preuß. Ak. d. Wiss. **34**, 366; 1923.

3400 m Höhe den Betrag der Höhenstrahlung zu 3 bis 4 Ionen, der letztere auf dem 3500 m hohen Jungfraujoch zu 5,3 Ionen.

Durch die Höhenstrahlung wurde auch der scheinbare Widerspruch aufgeklärt, daß, wie bereits oben erwähnt, die Ionisation der Luft über dem Meere im Mittel dieselbe ist wie auf dem Festland, obgleich die radioaktiven Wirkungen der Erdrinde und der über Festland in der Luft enthaltenen Emanationen hier fehlen. Dazu dient die oben aufgestellte Gleichung $n = \sqrt{\frac{q}{\alpha}}$. Wird nämlich die Ionisierungsstärke der Höhenstrahlung im Meeresniveau gleich 1,5 gesetzt und für den Wiedervereinigungskoeffizienten α die in reiner staubfreier Luft ermittelte Zahl $1{,}6 \cdot 10^{-6}$ genommen, so ergibt sich $n = 970$, und dieser Wert ist sogar noch höher als die zwischen 700 und 750 beobachteten. Geringer Gehalt der Luft an radioaktiven Stoffen wird also kompensiert durch ihre größere Reinheit und die dadurch erhöhte Beweglichkeit der Ionen.

Eine gewisse Sonderstellung nehmen die Beobachtungen und Messungen von MILLIKAN[1]) und seinen Mitarbeitern ein, über die kurz berichtet werden soll. Im Jahre 1922 hatten MILLIKAN, OTIS und BOWEN in Texas Pilotballone mit Registrierinstrumenten aufsteigen lassen, von denen einer die Höhe 15½ km erreichte. Das Elektrometer mit einer Ionisierungskammer von 300 ccm, das Thermometer und der Registrierbarograph wogen zusammen nur 180 g. Von den vier Aufstiegen glückten nur zwei, und auch von diesen wurde nur einer als brauchbar befunden. Aber auch bei dieser Registrierung, bei der der Apparat 110 Minuten lang in 5 bis 15 km Höhe war, mußte man wegen der Beeinflussung der Elektrometerfäden durch die Temperaturänderungen sich damit begnügen, einen einzigen Mittelwert für hin und zurück zu bilden. Dieser Mittelwert von 46 Ionen würde bei linearem Anstieg der Ionisation etwa einer Höhe von 10 km entsprechen. Die Differenz gegen die Ionisation am Erdboden betrug dabei 30,8 Ionen, während nach KOLHÖRSTER der Anstieg in 9 km Höhe 80 Ionen beträgt. Die Kurve der Elektrometerausschläge stimmt beim Aufstieg recht gut mit der von KOLHÖRSTER überein, während die Fäden beim Abstieg in fast konstanter Stellung blieben, was eben auf mangelhafte Temperaturkompensation zurückgeführt wurde. Diese Versuche sind von V. HESS[2]) und KOLHÖRSTER[3]) einer nicht gerade günstigen Kritik unterzogen worden. Aus dem Umstande, daß er eine bedeutend geringere Ionisation gefunden hatte als sein Vorgänger in derselben Höhe, hatte MILLIKAN geschlossen, daß die Strahlung, wenn sie kosmischen Ursprungs war, erheblich härter sein müßte als bisher angenommen; im anderen Falle brauchte sie dagegen nicht härter zu sein als die γ-Strahlen radioaktiver Stoffe. Demnach waren zur Entscheidung Absorptionsversuche nötig.

MILLIKAN ging daher 1923 mit OTIS auf den Pikes Peak bei Pasadena, einen 4300 m hohen Berg, wobei sie zum Zweck der Abschirmung des Ionisationsgefäßes bei den Absorptionsversuchen 136 kg Bleiplatten und einen Würfel von 6 Fuß Kantenlänge voll Wasser auf den Gipfel schleppten. Das Ergebnis war, daß die auf dem Berge vorhandene Strahlung vorwiegend von der Härte gewöhnlicher γ-Strahlen und nach der Meinung der Forscher zum größten Teil örtlichen Ursprungs war, denn ein Schneesturm veränderte die Strahlungsintensität innerhalb der 4,8 cm dicken Bleihülle fast ebenso wie außerhalb. Um endgültig zu entscheiden ob nicht doch eine Strahlung kosmischen Ursprungs vorhanden wäre von so großer Härte, daß sie durch Absorptionsschirme wie die auf dem Pikes Peak verwendeten nicht wesentlich beeinflußt wird und daher nicht beobachtet werden konnte, führte MILLIKAN mit CAMERON im Jahre 1925 neue Absorptionsversuche aus. Das einzige absorbierende Material, das in großen Höhen den Bedingungen genügte, in hinreichend großen Mengen vorhanden und nicht radioaktiv zu sein, war das Schmelzwasser von Seen. Gewählt wurde der Muir Lake in der Höhe von 3600 m am Fuße des Mount Whitney, des höchsten Berges der Vereinigten Staaten. In ihn wurde das Elektroskop bis 20,5 m tief eingesenkt. Dabei wurde unzweideutig eine Strahlung so großer Härte festgestellt, daß die Ausschläge noch bis 15 m Tiefe eine Abnahme aufwiesen. Die Atmosphäre über dem See entsprach einer Wasserschicht von 7 m, so daß die Strahlen 22 m Wasser, entsprechend 1,83 m Blei, bis zur vollständigen Absorption zu durchdringen vermochten. Sie war also 100 mal so hart wie die härteste Röntgenstrahlung, und ihr Absorptionskoeffizient konnte nur etwa $^1/_{25}$ von dem der bekannten γ-Strahlen betragen. Die Beobachtungen an einem anderen See, der 2 km tiefer lag, stimmten mit denen im Muir Lake vollkommen überein; die Höhendifferenz war äquivalent mit 1,8 m Wasser, und jeder Ablesung im Arrowheadsee entsprach eine 1,8 m tiefere im Muir Lake. So wurde gezeigt, daß die Strahlen wirklich von oben kommen und ihr Ursprung außerhalb der Atmosphärenschicht zwischen den beiden Seen liegt. Die auf dem Pikes Peak so reichlich festgestellte verhältnismäßig weiche Strahlung wurde nun durch den Comptoneffekt als aus der harten Strahlung entstanden erklärt, und daß diese weicheren Strahlen in größerer Stärke auf dem Berge als in Pasadena auftraten, damit begründet, daß die harte Strahlung auf dem Gipfel etwa 3 mal so intensiv ist wie in der Ebene.

Die Analyse der Absorptionskurven zeigte, daß die durchdringende harte Strahlung, die jetzt kürzer als Ultragammastrahlung bezeichnet sei, nicht homogen ist, sondern härter wird, wenn sie die Atmosphäre durchquert, ebenso wie Röntgenstrahlen, die durch Bleischirme gefiltert werden.

[1]) Phys. Rev. (2) **22**, 198, 199; **23**, 778; 1923/24. Nature **114**, 143; 1924. Science **52**, 445; 1925, Nr. 1612. Proc. National Acad. of Sc. Washington **12**, 48; 1926. Phys. Rev. **27**, Heft 4 u. 6. Annalen der Phys. **79**, S. 572; 1926.

[2]) Phys. Zeitschr. **27**, 405; 1926.

[3]) Ann. der Phys. **80**, 621; 1926.

Damit sind neuere Versuche von BÜTTNER[1]) in Übereinstimmung, der durch Absorption in Bleipanzern feststellte, daß die Höhenstrahlung aus mehreren sehr verschieden harten Komponenten zu bestehen scheint. Die von MILLIKAN beobachteten härtesten Strahlen hatten einen Absorptionskoeffizienten 0,18 m^{-1} für Wasser, und die weichsten, die bis zum Muirsee gelangten, einen von 0,3. Diese Zahlen sind in guter Übereinstimmung mit den vor drei Jahren und neuerdings von KOLHÖRSTER[2]) ermittelten, deren Mittelwert 0,22 ist, ebenso wie mit dem von MYSSOWSKI und TUWIM[3]) 1925 bei Messungen im Onegasee gefundenen Wert 0,36. Werden die Absorptionskoeffizienten nach einer Formel von AHMAD und STONER auf Wellenlängen umgerechnet, so ergibt sich ein Spektrum von ungefähr einer Oktave Breite in einem Frequenzgebiet, das fast 2000 mal so hoch liegt, wie das eines Röntgenstrahls im Mittel, d. h. soweit oberhalb dieser Strahlen wie diese über den Lichtstrahlen.

Während die von verschiedenen Seiten für Luft und Wasser gefundenen Absorptionskoeffizienten gut übereinstimmten, waren die durch Bleiabsorption erlangten Werte lange nicht mit ihnen in Einklang zu bringen. Auf Grund ihrer Bleiabschirmungen wurde von BEHUANEK[4]) und G. HOFFMANN[5]) die Existenz einer Ultragammastrahlung wenigstens im Meeresniveau zunächst verneint. Der erstere hat während fast einjährigen Aufenthalts im Bergbaurevier von Joachimsthal Untersuchungen mit dem KOLHÖRSTERschen Apparat ausgeführt. Der Panzer des Apparats war aus Bleiplatten und Klötzen zusammengesetzt. Die Versuche ergaben Konstanz der Ionisation, sobald 10 cm Bleidicke erreicht waren. Die Halbierungsdicke des Bleis wurde dabei zu 16 mm bestimmt, was mit der Zahl 13,9 für die γ Strahlen des RaC gut übereinstimmt. Die Differenz wird dem Radiumgehalt des Bleis zugeschrieben. Nach der graphischen Interpolation aus der Absorptionskurve der Höhenstrahlung, die als Bleiabsorptionskoeffizienten 0,028 cm^{-1} ergibt, sollte die Differenz zwischen 10 und 20 cm Bleidicke mindestens 0,4 Ionen betragen, während sie nur gleich 0,1 Ionen gefunden wurde, wobei die Messungen bis auf 1,2% übereinstimmten. Es wird daraus geschlossen, daß die durchdringende Strahlung nicht kosmischen Ursprungs, sondern durch die Strahlung der radioaktiven Induktionen der Atmosphäre zu erklären ist.

Denselben Schluß hatte G. HOFFMANN aus seinen Bleiabsorptionsmessungen gezogen. Die Diskrepanz zwischen den Versuchen mit Eis und Wasser als Schirmsubstanzen einerseits und Blei andererseits führte er darauf zurück, daß bei Schirmsubstanzen, die aus Elementen niederer Ordnungszahl bestehen, die Streuung der Strahlung sehr viel größer ist als die wahre Absorption. Man messe also ein nur schwer trennbares Gemisch von Absorption und Streuung, wenn man Eis, Wasser oder Luft benutzt. Dies hätte zur Folge, daß schon ein ganz minimaler Gehalt an Radium usw. im Wasser merkliche Ionisation in eingetauchten geschlossenen Gefäßen hervorbringen könne, da wesentliche Teile der Energie aus dem direkten Strahl auf Umwegen vermöge der Streuung doch in die Ionisierungskammer gelangen könnten. Nähere Untersuchungen zeigten indessen, daß der Streuungseffekt nicht ausreicht, um die gesamte Ionisation bei Abschirmung durch Wasser zu erklären, und HOFFMANN nahm daher seine Bleiabsorptionsversuche wieder auf, um mit erneut vervollkommneter Apparatur das Vorhandensein einer Ultragammastrahlung zu prüfen. Für die Beurteilung der Meßergebnisse bei verschieden dicken Bleipanzerungen mußte vor allem das Verhalten des Panzers gegen γ-Strahlen radioaktiver Substanzen untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde ein Spalt durch den Bleipanzer hergestellt, der durch passende Bleistücke ausgefüllt werden konnte. In ihm wurden Radiumpräparate verschoben und von cm zu cm Messungen ausgeführt. Dabei wurde in Übereinstimmung mit anderen Autoren neben der Hauptstrahlung von RaC mit einem Absorptionskoeffizienten von 0,530 cm^{-1} noch eine Nebenstrahlung mit $\mu = 0{,}330\ cm^{-1}$ gefunden, die aber nur den 72. Teil an Stärke beträgt. Mit Hilfe dieser Zahlen konnte nun der Einfluß eines Bleipanzers gegebener Dicke auf eine γ-Strahlung von Ra C berechnet werden, wenn die Ionisierungsstärke der Strahlung ohne Panzer und die der Reststrahlung für unendlich dicken Panzer bekannt war. Die erstere betrug bei dem Hoffmannschen Apparat 4,7 Ionen, die letztere 0,96 Ionen. Die Rechnung ergab dann, daß die Ionisierungsstärke bei einer Panzerdicke von 10 cm sich noch um 0,022 Ionen vom Endwert unterscheidet, für 12 cm um 0,010, für 22 cm um 0,0001 Ionen, so daß der Endwert praktisch erreicht ist. Die ersten 18 Registrierungen, die von HOFFMANN ausgeführt wurden, schlossen sich innerhalb der Meßgenauigkeit $\pm$ 0,04 Ionen so genau an die berechneten Ergebnisse an, daß HOFFMANN, wie schon bemerkt, auf die Nichtexistenz einer Ultragammastrahlung geschlossen hatte, denn diese hätte sich in einem weiteren Intensitätsabfall bei über 12 cm hinausgehenden Panzerungen bemerkbar machen müssen. In der Folge gelang es ihm aber, seine Messungen derart zu verfeinern, daß die Meßgenauigkeit $\pm$ 0,008 Ionen betrug. Dann zeigte sich nun in der Tat eine Abnahme der Ionisierungsstärke bei einer Panzerung über 12 cm hinaus, und zwar betrug sie bei 22 cm Bleidicke 0,950, bei 32 cm 0,919 Ionen, wenn sie bei 12 cm gleich 1 gesetzt wurde. Damit war ein die Grenze der Beobachtungsgenauigkeit sicher überschreitender Intensitätsfall von 12 bis 32 cm festgestellt, der von HOFFMANN als Bestätigung der Existenz der Ultragammastrahlung gedeutet wird. Sie wird von ihm auf

[1]) Naturwissenschaften **15**, 158; 1927.
[2]) Sitzungsber. Preuß. Ak. der Wiss. **34**, 366; 1923. Zeitschr. f. Phys. **36**, 147; 1926.
[3]) Zeitschr. f. Phys. **35**, 299; 1925.
[4]) Phys. Zeitschr. **27**, 8; 1926.
[5]) Phys. Zeitschr. **26**, 669; 1925. Phys. Zeitschr. **27**, 291; 1926. Ann. d. Phys. **80**, 779; 1926.

etwa 5% der Gesamtstrahlung berechnet, was ungefähr dem 5. Teil der aus den Wasserversuchen gefolgerten entspricht. Der Unterschied wird eben darauf zurückgeführt, daß im Wasser durch Comptoneffekt eine weichere Streustrahlung entsteht, die stärkere Ionisierung veranlaßt.

Der Ursprung der Ultragammastrahlung ist noch nicht sichergestellt. Da die γ-Strahlen von Radium und Thorium durch Kernänderungen der betreffenden Atome erzeugt werden, liegt nach MILLIKANS Auffassung die Vermutung nahe, daß auch die Höhenstrahlung durch Kernveränderungen entsteht. Aber diese müßten viel energiereicher sein als jene, da die Frequenz der ausgesandten Strahlung der Energie des erzeugenden Atomvorgangs proportional ist. Die durchdringenden Strahlen scheinen also Signale von Kernänderungen im Kosmos zu sein, die ungefähr 50 mal soviel Energie entwickeln wie die radioaktiven Prozesse. Schon vor MILLIKAN hatte NERNST[1]) eine ähnliche Hypothese aufgestellt. Er nimmt an, „daß sich im Kosmos durch gelegentliche Schwankungen des Energieinhalts des Lichtäthers Atome von chemischen Elementen hoher Ordnungszahl bilden, ebenso wie umgekehrt anzunehmen ist, daß in Fortsetzung des radioaktiven Abbaues die Atome des Heliums und des Wasserstoffs sich wieder in die Nullpunktsenergie des Lichtäthers zurückverwandeln können." Diese Neubildungen sollen nun vorwiegend in den großen kalten Nebelsternen sich bilden, aus denen die jungen roten Riesensterne hervorgehen. Da diese sich hauptsächlich in der Milchstraße bilden, sind hochatomige Radioelemente mit sehr harter Strahlung hauptsächlich in ihr zu vermuten. Damit steht im Einklang eine Beobachtung, die KOLHÖRSTER[2]) in den Sommern von 1923 und 1924 auf einem Gletscher nahe dem Jungfraujoch gemacht hat. Er fand bei seinen Apparaten einen deutlichen täglichen Gang, dessen Amplitude etwa 15% des Gesamtwerts der Höhenstrahlung betrug. Bei stufenweisem Einsenken in eine Eisspalte wurde diese Amplitude immer kleiner, um in 10 m Tiefe zu verschwinden. Die Maxima schienen mit den Kulminationen der Milchstraße zusammenzufallen. Dagegen hat MILLIKAN auf dem Pikes Peak keine Abhängigkeit der durchdringenden Strahlung von der Tageszeit oder von der Stellung irgendwelcher Gestirne, im besonderen der Milchstraße, wahrgenommen. In neuester Zeit sind aber die Beobachtungen von KOLHÖRSTER durch BÜTTNER[3]) bestätigt worden. Er fand im Hochgebirge in allen Höhen und auch im bleigepanzerten Instrument eine Amplitude von etwa 12% der gesamten Höhenstrahlung. Ja sogar im Meeresniveau gelang es BÜTTNER in Göttingen und KOLHÖRSTER in Berlin eine tägliche Periode nachzuweisen, deren Maxima sich der Sternzeit entsprechend verschoben. Die Herkunft der Strahlung von besonderen Gebieten des Fixsternhimmels gewinnt so nach BÜTTNER an Wahrscheinlichkeit.

Während der Sonnenfinsternisse von 1912, 1914 und 1918 wurde der Mittelwert der Höhenstrahlung während der Sonnenbedeckung unverändert gefunden, so daß sie wohl nicht direkt in gradliniger Ausbreitung von der Sonne kommen kann. Doch ist eine indirekte solare Herkunft möglich. SCHWEIDLER[1]) ist der Ansicht, daß von der Sonne ausgehende Korpuskularstrahlen vom Charakter der α- und β-Strahlen die Höhenstrahlung als eine Art von Sekundärstrahlen hervorrufen könnten. Ähnliche Vorstellungen haben ST. MEYER[2]), KOLHÖRSTER[3]) und SWINNE[4]) entwickelt. Daß kein direkter Einfluß der Sonnenbedeckung oder der Nacht auf die Höhenstrahlung zu bemerken ist, wird damit erklärt, daß die von der Sonne ausgeschleuderten Elektronen um die Magnetpole der Erde in Spiralbahnen aufgewickelt werden. Nach SWINNE wäre danach ein Anstieg der Höhenstrahlung im Polarlichtgürtel zu erwarten, worüber experimentelle Untersuchungen von VEGARD und SWANN geplant sind.

Besonders von LINKE[5]) und SEELIGER[6]) ist eine Vorstellung weiter verfolgt worden, nach der die Ursache der Höhenstrahlung in radioaktivem kosmischem Staube zu suchen ist, der in der Atmosphäre von etwa 10 km Höhe an fein verteilt angenommen wird.

Von einem Ionisator der Atmosphäre ist bisher noch nicht die Rede gewesen, nämlich von den ultravioletten Sonnenstrahlen. Da diese aber von der Luft stark absorbiert werden, kommt innerhalb der untersten uns bisher allein zugänglichen Schicht der Atmosphäre, der sog. Troposphäre, direkte Ionisation durch Sonnenlicht nicht in Betracht. In höheren Regionen dagegen, z. B. in denen des Nordlichts, ist eine außerordentliche Wirkung dieser Art zu erwarten. Indessen kann die Höhenstrahlung nicht durch sie erklärt werden, da die Ionisation der oberen Schichten sich nicht in merklicher Weise den unteren Schichten mitteilen kann. Denn diese Mitteilung müßte durch Diffusion vor sich gehen, und die Diffusion ist ein langsamer Prozeß, bei dem die beständige Wiedervereinigung von Ionen entgegengesetzten Vorzeichens die Zahl der Ionen sehr rasch vermindert.

Die Leitung der Elektrizität in Metallen.

Auf die neueren Anschauungen über die Leitung der Elektrizität in Metallen weist N. S. NASAROW[7]) hin. Diese Ansichten können auch

[1]) Das Weltgebäude im Lichte der neueren Forschung. Berlin; Springer 1921.

[2]) Sitzungsber. Preuß. Ak. d. Wiss. **34**, 366; 1923. **36**. 120, 1925.

[3]) Naturw. **15**, 158; 1927.

[1]) ELSTER-GEITEL Festschr. S. 411; Braunschweig 1915.

[2]) Vgl. Hess, Vortr. d. Ver. z. Verbr. naturw. Kenntnisse, Wien **59**, Nr. 2; 1919.

[3]) Naturwissenschaften **7**, 412; 1919.

[4]) Ebenda **7**, 529; 1919.

[5]) Meteorol. Zeitschr. **33**, 157; 1916.

[6]) Münchner Sitzungsber. 1918, Nr. 1; Naturwissensch. **6**, 89; 1918.

[7]) N. S. NASAROW, Phys. Zeitschrift **27**, S. 455.

für den physikalischen Unterricht in der Prima vor allem als Ergänzung zu der modernen Atomtheorie mit Vorteil Verwendung finden. In dem Mechanismus, den NASAROW die Leitung der Elektrizität in Metallen bewirken läßt, nehmen die Valenzelektronen eine hervorragende Stelle ein. Ihnen kommt die Rolle der Elektrizitätsträger zu. Ihre Lage auf den äußersten Schalen befähigt sie, den Atomverband zu wechseln. Diese Auswechselung von Elektronen ist durch den Bau und die Lage der Atome zueinander bedingt. Präzessionsbewegungen begünstigen den Übergang. Die Adhäsionskräfte sind beim Übergang ausgeschaltet. Die Valenzelektronen können elektrische Energie absorbieren. Sie befinden sich dann in einem „angeregten" Zustand, der von der Höhe der angelegten Spannung abhängig ist. Ein Konduktor ist geladen, wenn alle Valenzelektronen in den „angeregten" Zustand überführt sind. Dauernde Leitung kommt zustande, wenn der Konduktor sehr groß ist (Erde), oder wenn der Mechanismus durch Anlegung eines Spannungsgefälles dauernd gestört wird. Unter diesen Voraussetzungen vermag nach NASAROW das Elektron zickzackförmige Wege in Metall zurückzulegen und dabei den Transport der Elektrizität zu übernehmen.

Hiernach hängt von der Leichtigkeit des Überganges der Elektronen von einem Atomverband in einen andern die größere oder geringere Leitfähigkeit der Metalle ab. Elektrische Leitung gibt es nicht bei den Stoffen, bei denen der Übergang von Elektronen unmöglich ist und bei denen die Molekularkräfte allein die Bindung übernehmen.

Die Berechnung der aufgenommenen Energie mit Hilfe des Starkeffektes, beschränkt auf die Elemente der ersten Gruppe (wasserstoffähnliche Elemente), führt nach NASAROW auf viel zu hohe Werte für die Leitfähigkeit. Er weist aber darauf hin, daß Experiment und Rechnung in Hinsicht auf die Reihenfolge der Metalle übereinstimmen (s. Tab.).

Berechnung:

Cu — Ag — Au — Na — Li — K — Rb — Cs

Experiment:

Ag — Cu — Au — Na — K — Li — Rb — Cs

Der große Unterschied in den Werten für die Leitfähigkeit (Unterschied zwischen Experiment und Rechnung) wird erklärt durch die Annahme von Faktoren, die unter gewissen Umständen den Übergang der Valenzelektronen stark behindern. Solche Faktoren sieht NASAROW in der Wärmebewegung und in der Anwesenheit von Fremdstoffen.

Den Einfluß der Wärmebewegung sieht er hauptsächlich in ihrer Asymmetrie, die dadurch zustande kommt, daß die Wirkung der Kohäsionskräfte asymmetrisch ist: sie leisten einen größeren Widerstand bei der Annäherung der Atome als bei ihrer Entfernung voneinander, wodurch eine Entfernung der Atome voneinander stattfindet, die ihrerseits wieder eine Verringerung der Übergangsmöglichkeiten für die Elektronen und damit also eine Verminderung der Leitfähigkeit bedingt. Als Stützen für diese Ansicht führt NASAROW die Tatsachen an, daß die Leitfähigkeit der Metalle mit Erhöhung der Temperatur abnimmt und daß einige Metalle in der Nähe des absoluten Nullpunktes supraleitend werden.

Die Einwirkung der Anwesenheit von Fremdstoffen auf die Leitfähigkait geht nach ihm in folgender Weise vor sich: Bei ungleichartigen Atomen sind diejenigen in bezug auf den Übergang von Elektronen günstiger gestellt, die eine größere positive Ladung besitzen. Es besteht daher die Möglichkeit, daß Elektronen in diesen Atomen stecken bleiben.

Sie erhalten dadurch eine negative Ladung, gehen also in den Ionenzustand über, während die Atome mit geringerem Kern durch Verlust eines Elektrons als positives Ion in die Erscheinung treten. Ein negatives und ein positives Ion bilden aber zusammen ein stabiles elektrostatisches System, das an der Leitung der Elektrizität nicht nur nicht mehr teilnimmt, sondern die Elektronen auf ihren Wegen noch behindert. Diese Hypothese vom Steckenbleiben von Elektronen wird nach NASAROW gestützt durch den niedrigeren Schmelzpunkt gewisser Metallegierungen (Störung der Kohäsionskräfte), durch die elektrischen Erscheinungen bei der Berührung zweier Metalle (Glieder der Voltaschen Spannungsreihe folgen in der Reihe der Atomnummern aufeinander), durch die elektrolytische Leitung mancher Metallegierungen (Anwesenheit von Ionen) und durch die konstante elektrische Leitfähigkeit einiger Metallegierungen.

Es ist nicht zu verkennen, daß sich mit diesen Anschauungen die Leitung der Elektrizität in Metallen erklären läßt. Die angeführten experimentellen Stützen sind durchaus ernster Natur. Diese Ansichten werden auch dann wahrscheinlich ihre Bedeutung behalten, wenn es gelingen sollte, das Problem der Supraleitfähigkeit der Metalle zu lösen, das durchaus nicht im Widerspruch zu obigen Darlegungen steht und das vielleicht berufen ist, uns einen vertieften Einblick in den Mechanismus der Leitung der Elektrizität in Metallen zu geben. Bis jetzt ist dieses Problem noch ungeklärt[1]). Die Supraleitfähigkeit zeigt sich darin, daß unterhalb einer bestimmten Temperatur, die allerdings vom Belastungsstrom und dem äußeren Magnetfeld abhängt, der elektrische Widerstand von einem noch durchaus meßbaren Betrag — etwa 1 Prozent oder etwas weniger von dem bei Zimmertemperatur — innerhalb weniger hundertstel Grad auf einen unmeßbar kleinen Betrag abfällt[2]). Die Untersuchungen

[1]) G. J. SIZOO, Untersuchungen über den supraleitenden Zustand von Metallen S. 28. Dissertation, Leiden 1926.

[2]) W. MEISSNER, Der Widerstand von Metallen und Metallkristallen bei der Temperatur des flüssigen Heliums. Phys. Zeitschr. 27, S. 725, 1926.

über die Supraleitfähigkeit der Metalle sind dadurch erschwert und stark gehemmt, daß sie bei sehr niedrigen Temperaturen vorgenommen werden müssen, wozu flüssiger Wasserstoff und flüssiges Helium erforderlich sind. Es gibt aber bis jetzt nach HENNING nur sechs Stellen auf der Erde, wo Wasserstoff verflüssigt wird, und Helium wurde bis vor kurzem nur an einer Stelle (Leiden) verflüssigt, seit zwei Jahren an drei Stellen [1]). Die Schwierigkeiten liegen beim Helium weniger in der Verflüssigung selbst — die Kompressoren müssen allerdings, damit kein Gas verloren geht, vollständig dicht sein — als in der Beschaffung dieses so seltenen und daher überaus kostbaren Gases. Das kryptogene Institut in Leiden erhielt am Ende des Krieges von der amerikanischen Armee einige Flaschen Helium überwiesen. Die Bemühungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, für wissenschaftliche Zwecke von Amerika ebenfalls Helium zu erhalten, scheiterten. Daher konstruierte W. MEISSNER eine Apparatur zur Gewinnung von Helium aus der Luft. Das Leidener Institut hat die Supraleitfähigkeit an fünf Metallen festgestellt: Blei, Zinn, Quecksilber, Indium und Thallium. W. MEISSNER richtet bei seinen Untersuchungen [1]) sein Augenmerk zunächst hauptsächlich auf die Reinheit der Metalle und auf den Kristallzustand (Untersuchung von Einkristallen). Er kommt dabei zu dem Schluß, daß weder große Reinheit noch der gleichförmigste Kristallzustand den Eintritt der Supraleitfähigkeit ermöglichen. Seine Untersuchungen bringen noch keine Lösung des Problems. Nach ihm werden wahrscheinlich nicht alle Metalle supraleitend, sondern nur eine bestimmte Gruppe. Die Aufklärung der Gründe, die bei dieser Gruppe die Leitfähigkeit bedingen, steht noch aus.

J. Klaphecke, Münster.

[1]) FRANZ SIMON, Ein neues Verfahren zur Erzeugung sehr tiefer Temperaturen. Phys. Zeitschr. **27**, S. 791, 1926.

[1]) W. MEISSNER, S. o. Fußnote 2.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Newtons Einfluß auf die Entwicklung der Physik. Von Dr. ALFRED WENZEL zu Brandenburg (Havel) [1]).

Am 20. März waren 200 Jahre verflossen, seit NEWTON seine Augen für immer schloß, und seine sterbliche Hülle ruht seitdem in der Westminsterabtei zu London. Sein schon im Leben so rastlos tätiger Geist aber wirkt unentwegt fort und drückt auch heute noch der Physik seinen Stempel auf. Was ihm diese geistige Unsterblichkeit verliehen hat, war seine Geisteskraft und seine Erfindergabe, die ihn neue Wege zur Auffindung universeller Gesetze der Physik gehen ließ.

Vor NEWTON hatten schon die großen Materialisten des Altertums danach gestrebt, alles Geschehen in der Natur als die Folge eines streng gesetzlichen Verlaufs von Atombewegungen anzusehen, und so bewußt jedes Eingreifen eines höheren Willens göttlicher Geschöpfe abgelehnt. Auch DESCARTES hatte dieses Problem wieder aufgegriffen, ohne es tatsächlich zu lösen. Ein lückenloses System der Kausalität aber fehlte vor NEWTON in der Physik. Alle vorhandenen Ansätze dazu vermochten nicht irgendwie tiefere Züge der Erfahrungswelt wiederzugeben.

Der Ausgangspunkt der NEWTONschen Arbeiten war die stets wiederkehrende Frage nach einer Methode zur Berechnung der Bewegungen der Himmelskörper unseres Planetensystems, sofern zu einer bestimmten Zeit die Bewegungszustände aller dieser Körper bekannt sind. Die schon NEWTON bekannten KEPLERschen Gesetze geben zwar eine Antwort auf die Frage, wie sich die Planeten bewegen, sie bieten aber keine Möglichkeit, die tiefere Ursache dieser Bewegungen zu ergründen, und lassen daher auch keinen inneren Zusammenhang erkennen. Darüber hinaus sind sie nur Integralgesetze, d. h. sie beziehen sich nur auf die Gesamtheit der Bewegungen, nicht auf die einzelnen aufeinanderfolgenden Stadien. Was man suchte und brauchte, waren also — mit unseren heutigen Ausdrücken belegt — Differentialgesetze.

Einen nicht unwesentlichen Schritt in dieser Richtung hatte schon vor NEWTON GALILEI unternommen, indem er die Fallgesetze ergründete und auch das Trägheitsgesetz fand. Aber das sind nur Spezialfälle allgemein gültiger Prinzipien, deren Entdeckung erst NEWTON gelang. Mit Hilfe des Kraftbegriffs, der aus der Statik hinreichend bekannt war, und der Beschleunigung, fand er das erste Prinzip der Mechanik, wozu er allerdings noch erst den Begriff der Masse einführen mußte. Hierbei bediente er sich zum ersten Male der Grenzübergänge zum Differentialquotienten und entwickelte so eine mathematische Methode, die für die fernere Gestaltung der theoretischen Physik von grundlegender Bedeudung wurde. Unter Hinzunahme des von ihm gefundenen allgemeinen Gravitationsgesetzes gelang es ihm, die früheren und späteren Zustände eines Systems von Massen aus der zu einem bestimmten Zeitpunkt herrschenden Verteilung und Bewegung zu berechnen, sofern nur die Gravitationskräfte allein für die Vorgänge im System maßgebend sind. So konnte er mit hinreichender Genauigkeit die Bewegungen der Planeten, Monde und Kometen, Ebbe und Flut, sowie die Präzessionsbewegung der Erde erklären und bewies somit, daß die Ursache der Bewegung der Himmelskörper identisch ist mit der uns aus der alltäglichen Erfahrung bekannten Schwere.

Welchen Einfluß hat nun die NEWTONsche Mechanik auf die spätere Gestaltung der theoretischen Physik gehabt? Jahrhunderte lang beherrschte sie allein das Feld, und auf allen Teilgebieten der Physik suchte man nach mecha-

[1]) Nach A. EINSTEIN, Die Naturwissenschaften **15**. 273. 1927 und M. v. LAUE, ebenda **15**. 276. 1927.

nischen Erklärungen der Vorgänge. Alles sollte auf Massen zurückgeführt werden, die den NEWTONschen Bewegungsgesetzen gehorchten. NEWTON selbst versuchte die Optik nach dieser Richtung aufzubauen, indem er von der Annahme ausging, das Licht bestände aus materiellen, trägen Korpuskeln, die sich von der Lichtquelle mit großer Geschwindigkeit ausbreiten. Einen großen Erfolg hatte später diese Forschungsrichtung zu verzeichnen, als es gelang, allein auf Grund der NEWTONschen Bewegungsgesetze die kinetische Theorie der Wärme zu entwickeln, die zu einer bis in die feinsten Einzelheiten bestätigten Theorie der Gase führte. Auch trug sie wesentlich zur Vertiefung des Verständnisses des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik bei. Selbst auf dem Gebiete des Magnetismus und der Elektrizität hielt man lange Zeit an der Annahme von Fernkräften zwischen elektrischen und magnetischen Substanzen fest. Erst die Ausbreitung der MAXWELLschen Lehre schuf hier Wandel, obwohl auch sie noch ganz im Sinne NEWTONscher Ideen stand. Versuchten doch unentwegt Pioniere dieses Gebietes wie MAXWELL, BOLTZMANN und LORD KELVIN die elektromagnetischen Felder und deren Wechselwirkungen auf mechanische Vorgänge kontinuierlich verteilter hypothetischer Massen zurückzuführen. Doch die Ergebnisse dieser Bemühungen waren so unbefriedigend, daß man sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts von den NEWTONschen Anschauungen auf diesem Gebiete frei machte und so nach fast 200 Jahren einen neuen Schritt in der Entwicklung der theoretischen Physik tat. Der erste, der dies bewußt tat, war HEINRICH HERTZ; er befreite den von FARADAY und MAXWELL eingeführten Feldbegriff von allen ihm bis dahin noch anhaftenden mechanischen Erklärungen, während H. A. LORENTZ ihm auch noch den materiellen Träger nahm und als Träger des Feldes den absolut leeren Raum oder den Äther setzte, der auch bei NEWTON schon eine Rolle spielte. Noch mehr: statt der unvermittelten momentanen Fernwirkungen setzte man die sich mit endlicher Geschwindigkeit ausbreitenden Felder. Nun begann sogar eine Zeit des Umkehrs der Forschungsrichtung: während man früher alle Geschehnisse auf die NEWTONsche Mechanik zurückführen wollte, versuchte man jetzt, die NEWTONschen Bewegungsgesetze auf die Feldtheorie zu gründen und somit elekromagnetisch zu erklären. Die mechanischen Grundbegriffe verloren damit aber ihre Vorrangstellung in der Physik, die sie seit NEWTON innehatten.

Eine Begrenzung ihrer Gültigkeit hat das NEWTONsche Bewegungsgesetz durch die spezielle Relativitätstheorie erfahren, die sich logisch aus der MAXWELL-LORENTZschen Theorie entwickelte. Danach ist es nur gültig für kleine Geschwindigkeiten. An die Stelle dieses Grenzgesetzes setzte die spezielle Relativitätstheorie bekanntlich ein neues Bewegungsgesetz, das die Vakuumlichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit enthält. Die allgemeine Relativitätstheorie EINSTEINS hat dann die NEWTONsche Theorie quantitativ zwar nur wenig, qualitativ aber dafür um so tiefer umgestaltet, indem sie das NEWTONsche Gravitationsgesetz erheblich verallgemeinert, Trägheit, Gravitation und metrisches Verhalten der Körper und Uhren auf eine einheitliche Feldqualität zurückgeführt hat. So tritt denn an die Stelle des NEWTONschen Bewegungsgesetzes das verallgemeinerte Trägheitsgesetz.

Hat so die NEWTONsche Physik in der heutigen reinen theoretischen Physik ihre Machtstellung verloren und bildet nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form die Grundlage unseres Weltbildes, so reicht sie doch für viele Probleme der Physik und für die Astronomie und für die gesamte Technik noch völlig aus. Anders steht es mit seinen Anschauungen, die er über die Natur des Lichtes hatte. Niemand vermag ihm darin heute noch zu folgen. Seine Theorie der Emission materieller Korpuskeln ist schon vor langer Zeit als unhaltbar erwiesen. Und doch hat er auch auf dem Gebiete der Optik Grundlegendes geleistet.

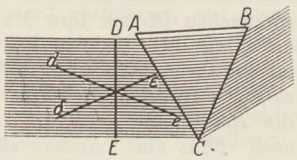
Als er zu Cambridge Physik studierte, kannte man wohl die Grundlagen der geometrischen Optik, wie die gradlinige Fortpflanzung des Lichtes, Spiegelung und Brechung und daneben, nicht mit den übrigen Tatsachen harmonierend, seit GRIMALDI (1665) die Beugung. Auch waren schon beachtenswerte Anfänge zur Lösung des uralten Problems der Farbe durch R. HOOKE vorhanden, der auch Versuche zur Beobachtung der Farben dünner Blättchen angestellt hatte. Während NEWTON — allerdings viel später — in der Erklärung der Planetenbewegung rein deduktiv vorging und das Problem theoretisch löste, war er hier reiner Empiriker; nur experimentell löste er 1672 die selbst gestellte Aufgabe, den Zusammenhang zwischen der Farbe homogenen Lichtes und der Brechbarkeit zu beweisen. Da er auf dem Standpunkte stand, das Licht sei stofflicher Natur, den homogenen Lichtarten entsprächen ebensoviel Stoffarten, erkannte er nicht den Zusammenhang zwischen Wellenlänge, Farbe und Brechbarkeit, obwohl er später die Anhänger der HUYGENSschen Wellentheorie auf eine Analogie zwischen der Wellenlängenskala und der Brechbarkeit hinwies. Erst LEONHARD EULER trat 1750 bewußt für diesen Zusammenhang zwischen Farbe und Schwingungszahl ein.

Für die spätere Wellenlehre hat er aber in seiner Optik noch weiterhin wichtiges Beobachtungsmaterial geschaffen. Seine Ausmessungen der Farbenringe an dünnen Blättchen benutzte später der Verfechter des Interferenzprinzips THOMAS YOUNG zu Beginn des 19. Jahrhunderts zur Bestimmung der Wellenlängen des Lichtes.

Zur Vermeidung der chromatischen Bildfehler von Fernrohren gab NEWTON in seiner Optik das Spiegelfernrohr an, das allerdings rein technischer Schwierigkeiten wegen erst nach NEWTONS Tode zur praktischen Verwendung in der Astronomie gelangte. Von den Versuchen, die NEWTON in seiner „Optik“ beschreibt, sind viele zum Allgemeingut der Physik geworden und daher bekannt. Nur auf einen sehr einfachen und doch vielleicht nicht allgemein bekannten Versuch, die Zerlegung des weißen Lichtes in Farben und

deren Wiedervereinigung zu Weiß zu zeigen, sei hier hingewiesen. Die hinzugehörige Figur findet sich im 2. Teil des ersten Buches der Optik.

Weißes Licht fällt auf ein Prisma *A B C*. Ein dahinter in der Lage *D E* aufgestelltes Blatt Papier zeigt weißes Licht; in der Lage *d e* aber erscheint es gelb bis rot, in der Lage $\delta\varepsilon$ blau



bis violett. In den beiden letzten Lagen fehlen nämlich jedesmal die Lichtarten, die dem Papier parallel laufen.

Fast auf allen Gebieten der Optik sind seine Versuche so gut ausgeführt, daß die Nachwelt sie nur bestätigen konnte. Als besonderes Kleinod in seiner „Optik“ ist noch seine berühmte Theorie des Regenbogens zu nennen, in der er die verschiedenen Farbenanordnungen im Haupt- und Nebenbogen richtig gedeutet und ihre Durchmesser und Breiten richtig berechnet hat. Auch die Polarisation des Lichtes hat er schon erkannt. An isländischem Kalkspatkristall hatten schon vor ihm Erasmus Bartholinus und später genauer Huygens die Doppelbrechung beobachtet, und der letztere hatte auch auf Grund seiner Wellentheorie eine Konstruktion des außerordentlichen Lichtstrahles bei der Brechung im Kristall angegeben. Die Verschiedenheit beider Lichtstrahlen im Kalkspat untersuchte auch Newton und bewies in seiner „Optik“, daß die „Lichtstrahlen verschiedene Seiten haben, die mit verschiedenen ursprünglichen Eigenschaften begabt sind“, eine Auseinandersetzung über den Polarisationsunterschied des ordentlichen und des außerordentlichen Strahles im Kalkspat, die auch heute noch der Kritik standhalten kann, wenn auch darin das Wort „Polarisation“ natürlich fehlt. Diese Tatsache der Polarisation irgendwie zu erklären, hat Newton nicht versucht.

Wie Newton der Mechanik durch Einführung einer neuen mathematischen Methode ein wesentliches Hilfsmittel zur weiteren Förderung geliefert hat, so hat er auch in der Optik methodisch bahnbrechend gewirkt. In allen seinen Arbeiten hat er als erster auch in die Behandlung optischer Probleme Maß und Zahl eingeführt und so der mathematischen Erfassung der herrschenden Gesetze die Wege geebnet.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Zehn Vorlesungen über die Grundlegung der Mengenlehre. Von A. Fraenkel. (Wissenschaft und Hypothese, XXXI). 182 S. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. Geb. RM 8.—.

Der durch seine „Einleitung in die Mengenlehre“ bekannte Verf. beweist auch hier wieder sein außerordentliches Geschick, die begrifflichen Grundlagen dieses aktuellen Gebietes mit einem hohen Grade von Präzision und doch verhältnismäßig leicht verständlich zu entwickeln. Daß die aus der mathematischen Originalliteratur schwer zugänglichen Gedanken des Intuitionismus hier eine von didaktischen Grundsätzen geleitete Darstellung erfahren, macht das Buch besonders wertvoll. *Dr. Eugen Stock.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel. Band I: Geschichte der Physik; Vorlesungstechnik. Redigiert von Karl Scheel. VIII, 404 Seiten, 162 Abb. Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Geh. RM 31.50; geb. RM 33.60.

„Das Handbuch der Physik“, so heißt es im Vorwort, „soll eine lückenlose Darstellung des derzeitigen Standes der experimentellen und theoretischen Physik bieten. Es umfaßt insgesamt 24 Bände, von denen Band I bis III Geschichte, Vorlesungstechnik, Einheiten, Mathematische Hilfsmittel; Band IV Grundlagen der Physik; Band V bis VIII Mechanik einschl. Akustik; Band IX bis XI Wärme; Band XII bis XVII Elektrizität und Magnetismus; Band XVIII bis XXI Optik aller Wellenlängen; Band XXII bis XXIV Aufbau der Materie und Wesen der Strahlung behandeln. Durch weitgehende Unterteilung des gesamten Stoffes auf die in den einzelnen Sondergebieten tätigen Forscher wurde eine wirklich moderne und kritische Darstellung der Physik angestrebt“. Eine große Reihe von hervorragenden Sachkennern sind als Mitarbeiter gewonnen.

Band I behandelt die Geschichte der Physik (von E. Hoppe), die physikalische Literatur (K. Scheel), Forschung und Unterricht (H. E. Timerding) und Vorlesungstechnik (R. Mecke und A. Lambertz).

Der Abschnitt über Geschichte der Physik gibt — trotz des geringen äußeren Umfangs von nur 180 Seiten — eine ganz vorzügliche Übersicht über die Entwicklung der Physik. Er zerfällt in 3 Teile: Altertum bis 1600, Neuzeit von 1600—1842 und Neuzeit von 1842—1895. Die Darstellung ist knapp, klar und kritisch gehalten. Demjenigen, der sich mit einzelnen Kapiteln näher zu beschäftigen wünscht, geben die sehr zahlreichen Literaturhinweise (die Zahl der Fußnoten beträgt schätzungsweise etwa 1500) reiche Anregung. Begonnen wird mit der babylonischen und ägyptischen Physik. Die Ansichten Herodots, der auf enge Zusammenhänge der griechischen Bildung mit Ägypten und Babylon hinweist, haben sich durchaus bestätigt, wie ja denn die neuere Forschung überhaupt die Berichte Herodots, die früher oft wenig glaubhaft erschienen waren, immer mehr als zuverlässig anerkennt. Den Babyloniern verdanken wir Zeit- und Winkelmaß;

aber auch sonst haben sie größere Kenntnisse besessen. In dem Abschnitt über die Griechen werden besonders Archimedes und Heron behandelt; die Geschichte Herons gehört in das Gebiet der Spezialforschung des Verfassers. Archimedes wird 1448 ins Lateinische, Heron 1575 ins Lateinische und ins Italienische übersetzt: diese beiden Autoren haben neben Aristarch besonders stark auf die Folgezeit eingewirkt. „Es ist durchaus nicht so, wie es bisweilen dargestellt wird, als ob die Völker des Abendlandes aus sich heraus eine neue Physik geschaffen hätten." Die (teilweise durch die Araber übermittelten) griechischen Leistungen haben nicht nur Anregung gegeben; „es ist ein systematisches Weiterbauen". Von dem gewaltigen Stoffumfang, den der Verfasser bietet, eine Vorstellung zu geben, ist im Referat nicht möglich. Eine für den Physiklehrer interessante Einzelheit möge erwähnt werden: Das Boylesche Gesetz, mit dem ja bekanntlich Mariotte überhaupt nichts zu tun hatte, stammt nicht von Boyle, sondern von Townley und müßte eigentlich nach ihm benannt werden. Auch sonst findet der Leser neben den großen Zusammenhängen manche interessante Einzelheit. Theoretische und experimentelle Physik werden in gleicher Weise berücksichtigt.

Karl Scheel, einer der besten Kenner des physikalischen Schrifttums überhaupt, behandelt die physikalische Literatur. Nach einem kurzen geschichtlichen Überblick über die Entstehung der naturwissenschaftlichen Zeitschriften (als älteste können die Philosophical Transactions der Royal Society of London gelten, die seit 1665 erscheinen) wird eine Liste mit den Namen und den Erscheinungsorten der hauptsächlichsten Zeitschriften physikalischen Inhalts (über 120) gegeben, sodann ein Hinweis auf die bedeutendsten Kompendien, fortlaufenden Berichte und Kataloge.

Timerding behandelt zunächst den Lehrbetrieb der Universitäten und die Hilfsmittel der Forschung, sodann die den Universitäten angegliederten besonderen Institute (z. B. das Göttinger aerodynamische Institut), die Vereinigungen der Physiker (Deutsche physikalische Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte usw.), die Physikalisch-Technische Reichsanstalt, die Kaiser-Wilhelm-Institute und entsprechende Einrichtungen anderer Länder unter Hervorhebung je ihrer besonderen Aufgaben und Ziele. Der zweite Teil behandelt den Stand und die geschichtliche Entwicklung des Physikunterrichts an den höheren Schulen, wobei freilich die Forderungen der Preußischen Richtlinien nicht die Würdigung finden, die ihnen zukommt. Sehr richtig wird hervorgehoben, daß die wirkliche Hilfe des Staates und der Gemeinden nicht in Anordnungen und Ratschlägen, sondern in der Bereitstellung der nötigen Einrichtungen und der richtigen Lehrkräfte besteht. Auf die große Bedeutung der Staatlichen Hauptstelle für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht wird besonders hingewiesen. Den Beschluß macht ein kurzer Überblick über den Physikunterricht an Volksschulen.

Die Vorlesungstechnik nimmt den Hauptteil (fast die Hälfte des ganzen Buches) ein. Mecke und Lambeltz waren beide früher Vorlesungsassistenten bei H. Konen in Bonn und hatten so Gelegenheit, reiche Erfahrungen zu sammeln. Sie behandeln über 500 Vorlesungsversuche. Neben bekannten Versuchsanordnungen findet man auch viele weniger bekannte; von allen gilt: „Die Versuche sind entnommen aus der Praxis und ausnahmslos häufig auf ihre Brauchbarkeit probiert worden, so daß kein einziger Versuch angeführt ist, der nicht in der angegebenen Weise sicher ausführbar wäre." Auch auf die kleinen Kunstgriffe und Rezepte, deren Kenntnis oft erst das leichte Gelingen des Versuchs verbürgt, wird gebührend eingegangen. Die „Vorlesungstechnik" bildet eine wichtige Ergänzung der schon vorhandenen einschlägigen Bücher und einen höchst wertvollen Besitz jeder physikalischen Sammlung.

Alles in allem genommen: Band I des „Handbuches der Physik" sollte in keiner Lehrerbücherei fehlen. *E. Lamla.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel. Band II: Elementare Einheiten und ihre Messung. Redigiert von Karl Scheel. VIII und 522 Seiten, 297 Abbildungen. Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Geh. RM 39.60. Geb. RM 42.—.

Das Buch zerfällt in 10 Kapitel, deren Überschriften von der Reichhaltigkeit des Inhalts eine allerdings nur schwache Vorstellung vermitteln: Dimensionen, Einheiten, Maßsysteme (bearbeitet von J. Wallot), Längenmessung (F. Göpel), Winkelmessung (F. Göpel), Massenmessung (W. Felgenträger), Raummessung und spezifisches Gewicht (K. Scheel), Zeitmessung (die Unterabschnitte sind bearbeitet von W. Schmundt, V. v. Niesiolowski-Gawin, C. Cranz), Geschwindigkeitsmessung (V. v. Niesiolowski-Gawin), Erzeugung und Messung von Drucken (C. Cranz und H. Ebert), Schwerem.essungen (A. Berroth), allgemeine physikalische Konstanten (F. Henning und W. Jaeger).

Das erste Kapitel enthält allgemeine Untersuchungen über Definitionsgleichungen, die Zahl und die Definition der unabhängigen Maßgrößen und damit zusammenhängende Fragen. An einigen Beispielen werden der Wert und die Grenzen der Möglichkeit gezeigt, physikalische Gleichungen aus Dimensionsbetrachtungen zu gewinnen. Es wird auch scharf darauf hingewiesen, daß es ein Unding ist, aus der Dimension einer Größe auf ihr Wesen schließen zu wollen, da ja z. B. Arbeit und Drehmoment gleiche Dimensionen haben.

Die nächsten Kapitel enthalten eine solche Fülle von Meßmethoden und Meßinstrumenten, daß es unmöglich ist, auch nur andeutungsweise hier den Inhalt anzugeben. Das zweite Kapitel z. B. beginnt mit einer ausführlichen Beschreibung der Versuche von Michelson (1895) und von Fabry-Perot-Benoît (1907), um die Länge des Meters durch die Wellenlänge des Cadmiumlichtes

auszudrücken. Es werden dann Teilmaschinen und Komparatoren verschiedener Art und andere Längenmeßmaschinen eingehend besprochen; auch die Meßfehlerquellen werden erörtert. Die Überlegenheit des Invars (36% Nickel, 64% Stahl) als Material für Längenmaße erhellt daraus, daß eine Längenänderung eines 15 cm langen Stabes um 1 μ bei einer Temperaturänderung von 0,57° bei Stahl, von 6,7° bei Invar eintritt.

Sehr reichhaltig sind auch die anderen Kapitel. Wichtig, aber vielleicht nicht allen Lesern genügend bekannt ist die Konsequenz aus der Tatsache, daß man Raumgrößen entweder durch lineare Ausmessung oder durch Massenvergleichung mittels Wasser (also durch Wägung) ermitteln kann. Im ersten Fall erhält man cdm oder ccm, im zweiten Liter (l) oder Milliliter (ml). Ein Liter ist dabei das Volumen von 1 kg Wasser bei 4°. Da m und kg durch (tatsächlich voneinander unabhängige) Prototype gegeben sind, so kann man experimentell ermitteln, wieviel ccm Wasser von 4° zu 1 kg gehören, also zu 1 Liter. Es ergibt sich 1 Liter = 1,000028 cdm. Ein Liter ist also das Volumen eines Würfels mit der Kantenlänge 1,000009 dm. Damit hängt zusammen, daß die größte Dichte des Wassers 1/1,000028 = 0,999972 gr/ccm beträgt. In ähnlicher Weise werden das „internationale Ohm", das „int. Ampere" usw. durch den Widerstand einer bestimmten Quecksilbersäule bzw. die abgeschiedene Silbermenge usw. definiert; andererseits kann man das „absolute Coulomb", das „abs. Ampere" usw. mit Hilfe der Gesetze von Coulomb, Biot-Savart usw. erklären (die dabei auftretende Lichtgeschwindigkeit ist $c = 2{,}9985 \cdot 10^{10}$ cm/sec). Präzisionsmessungen liefern:

1 int. Ampere = 1,0000 abs. Ampere
1 „ Ohm = 1,0005 „ Ohm
1 „ Volt = 1,0005 „ Volt.

Definiert man 1 Watt = 1 Volt · Amp. und 1 Joule = 1 Watt · sec, so folgt 1 Joule = $1{,}0005 \cdot 10^7$ Erg.

In dem äußerst lehrreichen Kapitel über Uhren findet sich der interessante Hinweis, daß eine besonders gute sog. Riefler-Uhr in 10 Monaten nur um 0,01 sec falsch ging; das entspricht einem Fehler von 0,01 auf etwa $26 \cdot 10^6$ Pendelschläge oder von rund $4 \cdot 10^{-10}$. Die mutmaßliche Zunahme der Tageslänge durch die Gezeitenwirkung beträgt etwa 10 sec in 100 Jahren = $3{,}15 \cdot 10^9$ sec, also rund $32 \cdot 10^{-10}$: der Betrag ist das Achtfache der Fehlergrenze jener Uhr.

Man findet in dem Buch an Meßapparaten so ziemlich alles, was man suchen kann. Hingewiesen werden mag auf das Echolot von Behm zur Ermittlung von Meerestiefen, auf die prachtvollen Aufnahmen fliegender Geschosse von C. Cranz und Ludwig Mach, auf die kinematographischen Aufnahmen mit Funkenbelichtung, bei denen die Bildzahl bis auf 100000 pro sec gesteigert werden kann, auf die Drehwage von Eötvös und vieles, vieles andere.

Als Nachschlagewerk für Meßapparate, Meßmethoden und Meßergebnisse wird das Buch auch für den Physiker an höheren Schulen eine reiche Fundgrube sein. *E. Lamla.*

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel. Band VII: Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper. Redigiert von R. Grammel. XI, 413 Seiten, 290 Abbildungen. Berlin 1927, Verlag Julius Springer. Geh. RM 34.50; geb. RM 36.60.

Der gesamte Stoff ist in 6 Kapitel geteilt. Im ersten Kapitel behandelt M. Lagally (Dresden) die idealen Flüssigkeiten; der Text ist klar, knapp und übersichtlich. Neben der allgemeinen Theorie und den allgemeinen Methoden werden einige spezielle Probleme besonders behandelt (ebene Potentialströmung, Strahlbildung, Wellen, Wirbel). Über manche nicht mehr eigentlich zum Thema gehörigen Dinge (freie Oberfläche rotierender Körper, Tragflügeltheorie von Prandtl) wird referierend berichtet. L. Hopf (Aachen) behandelt im zweiten Kapitel die zähen Flüssigkeiten. Beliebige Strömungsprobleme nach der Theorie der zähen Flüssigkeiten anzugreifen, führt nur selten zu greifbaren Erfolgen: so groß sind die mathematischen Schwierigkeiten (nicht lineare, partielle Differentialgleichungen). Man verfährt daher meist in folgender Weise: Zuerst werden durch plausible Annahmen Wirbelverteilungen und Wirbelintensitäten erraten, die in einer idealen Flüssigkeit eine der Wirklichkeit nahe kommende Strömung erzeugen; sodann wird die Theorie der zähen Flüssigkeiten herangezogen, um das Entstehen gerade dieser Wirbelverteilung zu begründen (in idealen Flüssigkeiten können bekanntlich Wirbel weder entstehen noch vergehen). Die Bedeutung der Reynoldsschen Zahl wird erörtert; dann werden sog. reine Zähigkeitserscheinungen (z. B. Schichtenströmung) betrachtet. Den Gegensatz zur laminaren oder Schichtenströmung bildet die Turbulenz. Die turbulente Strömung ist meist nicht eindeutig bestimmt, es handelt sich um ein statistisches Gleichgewicht. Schließlich werden noch Strömungen in Röhren und Gerinnen und die Oberflächenreibung (Formwiderstand) betrachtet. Die letztere spielt in der Flugtechnik eine große Rolle. Das dritte Kapitel, Wasserströmungen, von Ph. Forchheimer (Wien), bietet eine Menge des Interessanten. Z. B. verhalten sich stationäre Strömungen an Staustellen ganz verschieden, je nachdem ob es sich um strömendes oder stilles Wasser (Flüsse) oder aber um schießendes oder wildes Wasser (Wildbäche) handelt. Gefälle zwischen 4 und 11‰ geben die Grenze zwischen beiden Fällen. Ebenso bieten die Untersuchungen über die Geschwindigkeit von Hochwasserwellen allgemeines Interesse. Schließlich werden Wehre, Überfälle u. dgl. und endlich der Wasserstoß betrachtet. Im nächsten Kapitel behandelt A. Betz (Göttingen) Tragflügel und hydraulische Maschinen. Dieses Kapitel ist besonders zu begrüßen, da die Literatur über die hier behandelten Gegenstände sonst größtenteils in Zeitschriften verstreut ist. Wir lernen hier die theoretischen Grundlagen für den Bau von Propellern usw. und ihre experimentelle Untersuchung kennen. J. Ackeret (München) behandelt die Gasdynamik. Hier besteht ein wichtiger Unterschied zwischen den Gebieten

mit Unter- und den mit Überschallgeschwindigkeit. Ausgezeichnete Schlierenphotographien zeigen die Luftbewegung um fliegende Geschosse. Ein besonderer Abschnitt ist den unstetigen Bewegungsvorgängen gewidmet (Explosionswellen). Man hat hier bei Sprengversuchen in Röhren Geschwindigkeiten bis zu 13000 m/sec beobachtet. Diese großen Geschwindigkeiten sind bedingt durch die riesigen Druck- und Temperatursprünge. Im letzten Kapitel endlich behandelt A. Gyemant (Charlottenburg) die Kapillarität (Oberflächenspannung und ihre Beeinflussung durch die Temperatur, die chemische Konstitution, elektrische Kräfte).

Für den Schulunterricht unmittelbar ist der vorliegende Band des Handbuches vielleicht weniger ergiebig als andere, weil er Gebiete behandelt, die in der Schule eine geringere Rolle spielen. Zur Information des Lehrers ist auch er vorzüglich: hier findet man kurz, knapp und klar die Aufklärung, die man sucht.

E. Lamla.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel. Band IX: Theorien der Wärme. Redigiert von F. Henning. VIII, 616 S., 61 Abb. Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Geh. RM 46.50; geb. RM 49.20.

Der Band enthält 8 Kapitel. Im ersten Kapitel behandelt K. F. Herzfeld (München) die klassische Thermodynamik. Hier findet der Leser in übersichtlicher Form die hauptsächlichsten Sätze und Formeln der Thermodynamik und die Behandlung homogener und heterogener Systeme (Phasenregel, osmotischer Druck usw.). Dabei wird besonderer Wert gelegt auf die genaue begriffliche Durcharbeitung, was besonders der mit der Materie noch nicht genauer vertraute Leser dankbar begrüßen wird. Beispielsweise wird mit vorzüglicher Schärfe die Bedeutung der Gleichung $dA/dT = Q/T$ herausgearbeitet. Das zweite Kapitel (von K. Bennewitz in Charlottenburg) handelt von dem Nernstschen Wärmesatz. Verf. zeigt die Bemühungen verschiedener Autoren auf, zu einem Maß für die Affinität einer Reaktion zu kommen; als beste Definition wird angegeben: „Die Affinität ist die auf dem Wege über Gleichgewichte gewinnbare maximale Arbeit, vermindert um die bei dem tatsächlichen Vorgang auftretende Volumarbeit". Er zeigt dann, wie man die Affinität in gewissen Fällen direkt experimentell bestimmen kann (Verdampfungsdruck, Löslichkeit, elektromotorische Kräfte). Sodann geht Verf. über zu der Form des Theorems, die ihm von Nernst gegeben worden ist, und zu der durch Planck vorgenommenen Erweiterung. Hervorzuheben ist die vorzügliche Klarheit des Aufsatzes. A. Smekal (Wien) gibt im dritten Kapitel die statistische und molekulare Theorie der Wärme. Er betrachtet zunächst mechanisch-deterministische Modelle warmer Körper und zeigt die Grenze der Leistungsfähigkeit solcher Modelle; insbesondere geben auch die sog. quasiergodischen Modelle nur für die Grenzfälle tiefer und hoher Temperaturen die thermischen Eigenschaften der Körper qualitativ wieder. Es folgt die allgemeine Theorie quasimechanisch-statistischer Modelle, die auch die Grundlage abgibt für die kinetische Theorie. Verf. zeigt die Unterschiede zwischen der klassischen Theorie und der Quantentheorie auf und behandelt dann Gase und Festkörper. Die statistische Thermodynamik der realen Moleküle, der Wärmestrahlung und des chemischen Gleichgewichts machen den Schluß. A. Landé (Tübingen) behandelt die axiomatische Begründung der Thermodynamik durch Carathéodory. Dieser Abschnitt wird die mehr mathematisch eingestellten Leser besonders interessieren. Die traditionelle Thermodynamik geht aus von der negativen Erkenntnis, daß gewisse Prozesse nicht durchführbar sind (Perpetuum mobile erster und zweiter Art, Erreichbarkeit des absoluten Nullpunktes); bei ihren Schlüssen verwendet sie eine große Reihe von Gedankenexperimenten. Es fehlt die genaue Untersuchung über die hinreichenden und notwendigen Voraussetzungen. Da setzen die Arbeiten von Carathéodory ein (1919 und 1922), die durch T. Ehrenfest-Afanassjewa ergänzt worden sind. Carathéodory verfolgt eine deduktive Methode. Er geht von einer Reihe von Definitionen aus. Sodann kommt es darauf an, den ersten Hauptsatz zu formulieren, ohne den Begriff der Wärmemenge zu benutzen. Der Energiezuwachs $U_2 - U_1$ wird mit Hilfe adiabatischer Prozesse erklärt, die Wärmezufuhr bei beliebigen Prozessen durch die Differenz $(U_2 - U_1) - \int dA$. Um zum zweiten Hauptsatz zu gelangen, stellt z. B. Thomson die Unmöglichkeit des Perpetuum mobile zweiter Art an die Spitze, Clausius die Unmöglichkeit, durch einen Kreisprozeß Wärme von einem kälteren auf einen wärmeren Körper zu bringen, ohne daß zugleich Arbeit in Wärme verwandelt wird. Carathéodory stellt als Prinzip auf: „In beliebiger Nähe jedes Zustandes eines Systems von Körpern gibt es Nachbarzustände, die vom ersten Zustand aus nicht auf adiabatischem Wege erreichbar sind". Mit Hilfe der Erweiterung eines Satzes aus der Theorie der Pfaffschen Gleichungen gelangt man von hier auf den zweiten Hauptsatz. Es ist sehr interessant zu sehen, wie sich hier die Einstellung des Mathematikers spiegelt. Es ist bekannt, daß Planck zwar die Bündigkeit der Schlüsse durchaus anerkennt, aber gegen das Unphysikalische des Ausgangspunktes Bedenken erhoben hat (Berl. Ak. Ber. 1926, S. 453 ff.). Das 5. Kapitel enthält die Quantentheorie der molaren thermodynamischen Zustandsgrößen, von A. Byk (Charlottenburg). Verf. betrachtet insbesondere die Entropie- und Energiekonstanten, die Nullpunktsenergie und die Nullpunktsentropie, endlich den Einfluß der Quantentheorie auf das sog. Theorem der übereinstimmenden Zustände. Das klassische Theorem der übereinstimmenden Zustände, nach dem alle Dämpfe einerseits, alle Flüssigkeiten andererseits dieselbe Zustandsgleichung haben, wofern man statt Druck, Temperatur usw. die Quotienten aus diesen Größen und den entsprechenden

kritischen Größen einsetzt, gilt nur als Grenzgesetz für hohe kritische Temperaturen. Im 6. Kapitel finden wir die kinetische Theorie der Gase und Flüssigkeiten, von G. Jäger (Wien). Die Darstellung knüpft an die historische Entwicklung der Problemstellung an, sie wird zuweilen durch Veranschaulichungen außerordentlich gut ergänzt und gestützt. Z. B. finden wir zur Erläuterung der Druckwirkung des Stoßes folgendes hübsche Beispiel: Eine kleine Kugel (1 g) bewege sich in vertikaler Richtung zwischen einer horizontalen Fläche und einer größeren Kugel (1 kg) hin und her. Sie stößt elastisch gegen Fläche und Kugel. Es zeigt sich, daß die große Kugel ein Meter über der horizontalen Fläche in der Schwebe bleibt, wenn die kleine Kugel die Geschwindigkeit 100 m/sec hat; die Bewegung der großen Kugel zwischen 2 Stößen beträgt nur $^1/_2$ mm auf und ab. Verf. gibt mehrere Herleitungen für das Boyle-Charles sche Gesetz, behandelt dann die Geschwindigkeitsverteilung nach Maxwell-Boltzmann und geht dann über zu Dichteschwankungen, Dissoziation, innerer Reibung usw. Zum Schluß werden spezielle Probleme bei Gasen und Flüssigkeiten betrachtet. W. Jäger (Charlottenburg) behandelt die Erzeugung von Wärme aus andern Energien. Messungen zur Ermittlung des Wärmeäquivalents, insbesondere des elektrischen, werden besprochen, danach die Erzeugung von Wärme durch Magnetisieren (Hysteresis), durch Atomzerfall, durch Änderung des Aggregatzustandes, durch Strahlung aller Art, durch chemische Vorgänge. Im letzten (achten) Kapitel wird die Temperaturmessung behandelt, und zwar durch einen der besten Fachleute auf diesem Gebiet, F. Henning (Charlottenburg). Er gibt zunächst eine historische Entwicklung der thermometrischen Prinzipien. Die Tatsache, daß Gasthermometer mit verschiedenen Gasen zwar ähnliche, aber nicht dieselben Temperaturen gaben, forderte die Einführung der thermodynamischen Skala (Lord Kelvin, Angaben in dieser Skala werden mit K bezeichnet, z. B. 50^0 K). Sie baut auf den Hauptsätzen der Thermodynamik auf. Der Zusammenhang zwischen der gasthermometrischen und der thermodynamischen Skala läßt sich prinzipiell auf sehr viele Arten (Clausius-Clapeyronsche Gleichung, Joule-Thomson-Effekt usw.) bestimmen, praktisch am besten in der Weise, daß man die Isothermen eines Gases im p-(pv)-Diagramm aufnimmt und ihre Abweichung von der Parallelen zur p-Achse bestimmt. Die außerordentlich reichhaltigen Einzelheiten des Kapitels können hier nicht besprochen werden; es muß auf das Buch selbst verwiesen werden. Erwähnt werden mag, daß Verf. als absolute Temperatur des Eispunktes $273{,}20 \pm 0{,}05^0$ angibt. Auf die Schwierigkeit der Messungen bei allertiefsten Temperaturen, wo das Heliumthermometer versagt, wird besonders eingegangen. Die tiefste erreichte Temperatur ist $0{,}9^\circ$ K. Zum Schluß wird die Temperaturbestimmung bei Fixsternen und Planeten behandelt.

Der ganze Band reiht sich den andern Bänden der Sammlung würdig an. In vielen Kapiteln bietet er auch dem Physiklehrer an höheren Schulen sehr viel Interessantes und unmittelbar Verwertbares; er kann daher nur warm empfohlen werden. *E. Lamla.*

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 11. Auflage. Zweiter Band: Lehre von der strahlenden Energie (Optik). Erste Hälfte. Unter Mitwirkung von H. Erggelet. F. Jüttner, A. König, M. v. Rohr, E. Schrödinger, bearbeitet von O. Lummer. 928 S. mit 624 Figuren im Text und auf 7 Tafeln. Braunschweig 1926, Friedr. Vieweg u. Sohn Akt.-Ges. Geh. RM. 50.—; geb. RM 54.—.

Die 11. Auflage des bekannten Lehrbuchs der Physik ist der vorhergehenden gegenüber erheblich erweitert, so auch der zweite Band, Optik, der noch unter O. Lummers Redaktion bis zum Druck vollendet wurde. Die vorliegende erste Hälfte dieses Bandes ist vielfach um- und ausgestaltet, den Fortschritten der Wissenschaft entsprechend. Das erste Kapitel aus Lummers Feder gibt einen Überblick über „Das Wesen des Lichts“ und über „den Wandel des Begriffs Äther im Laufe der Zeiten“. Im zweiten Kapitel behandelt zunächst Lummer „die Lichtgeschwindigkeit im ruhenden Medium“, während im zweiten Teil F. Jüttner die „Optik bewegter Körper“ bespricht. Nun folgt in den beiden nächsten Kapiteln die geometrische Optik aus der Feder Lummers, ebenso das fünfte über die „prismatische Farbenzerstreuung“. Im sechsten Kapitel „Brechungsquotient und Achromasie“ ist besonders der Abschnitt über achromatische und gradsichtige Prismen wesentlich erweitert, wobei allerdings eine fehlerhafte Figur (S. 258 Fig. 160) beibehalten ist (vergl. diese Zeitschr. **33**, S. 106, 1920). Neu aufgenommen ist das siebente Kapitel über die „Abhängigkeit des Brechungsquotienten vom Zustand der Materie“ (von Lummer und Klinkhardt), das den Einfluß von Dichte, Druck, Temperatur und Aggregatzustand sowie die Refraktion von Gemischen, chemischen Verbindungen und deren Lösungen und von Gläsern behandelt. Die folgenden drei Kapitel hat Lummer der „Abbildung im Sinne der Wellenlehre“, „aberrationsfreien spiegelnden und brechenden Flächen, kaustischen Kurven und dem Astigmatismus“ sowie der Abbildung bei „zentrierten optischen Systemen“ gewidmet. Völlig neu bearbeitet ist das Kapitel über „das Auge und die Gesichtsempfindungen“. Dem anatomisch-histologischen Bau, den H. Erggelet bearbeitet hat, folgt „Physikalisches vom Auge“ aus der Feder M. v. Rohrs. Die Gesichtsempfindungen behandelt schließlich E. Schrödinger. Ein besonderes Kapitel nehmen sodann „die Strahlenbegrenzung und die von ihr abhängige Lichtwirkung optischer Systeme“ ein. Nach dieser Vorbereitung bringt A. König in einem völlig umgearbeiteten Kapitel „die optischen Instrumente“, wobei die Leser dieser Zeitschrift besonders die Prüfung der optischen Instrumente und die Messung der Grundgrößen interessieren wird. Auch die Kapitel

über die Interferenz und die Beugung des Lichtes, die noch von Lummer bearbeitet sind, sind wesentlich erweitert. Den Abschluß dieser ersten Hälfte des zweiten Bandes bilden die „Abbildungsgesetze nicht selbstleuchtender Objekte", worin wir besonders die Theorie der Bildentstehung im Mikroskop und die ultramikroskopische Abbildung dargestellt finden.

Betont sei noch, daß entgegen den früheren Auflagen in der nunmehr erscheinenden endlich von der Infinitesimalrechnung Gebrauch gemacht wird, ohne die eine einigermaßen brauchbare, mathematische Behandlung der physikalischen Probleme nicht denkbar ist. So entspricht die neue Auflage auch in dieser Hinsicht den Anforderungen, die man an ein so großzügig angelegtes Lehrbuch stellen muß. Es erübrigt sich, den vorliegenden Teilband zum Studium zu empfehlen. Doch auch dem mit den Tatsachen vertrauten Lehrer wird es viel Anregung geben können. *A. Wenzel.*

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. 3. Band. Erste Hälfte. Physikalische, chemische und technische Thermodynamik (einschl. Wärmeleitung). Unter Mitwirkung von Fachmännern bearbeitet von Arnold Eucken. 11. Auflage. 1185 Seiten mit 575 Figuren. Braunschweig 1926, Friedr. Vieweg u. Sohn, Akt.-Ges.

Die vorliegende neue Auflage des bekannten Lehrbuchs macht den Versuch, getrennt von der kinetischen Wärmetheorie, der die zweite Bandhälfte gewidmet ist, die gesamte thermodynamisch-phänomenologische Behandlung der Wärmelehre mit Einschluß ihrer Anwendungen zusammenzufassen, was um so schwieriger ist, als sich die technische Thermodynamik besonders von der in der reinen Physik üblichen Betrachtungsweise entfernt hat und sich eigener Methoden und Hilfsmittel bedient, die einer einheitlichen Darstellung hindernd im Wege standen. Trotz aller Schwierigkeiten ist es aber Eucken und seinen Mitarbeitern geglückt, hier die verschiedenen Zweige der Thermodynamik zu einer Einheit zusammenzuschweißen, so daß der vorliegende Band eine wertvolle Bereicherung unserer Literatur bedeutet.

Über den Inhalt sei folgendes gesagt: Das Kapitel Thermometrie hat R. Fuhrmann bearbeitet, während die Kalorimetrie aus der Feder des Herausgebers stammt, der auch die Grundgesetze der Wärmelehre bearbeitet hat, den ersten Hauptsatz bis zur Temperaturabhängigkeit der inneren Energie und den zweiten bis zum Nernstschen Wärmetheorem, der Ermittlung des Absolutwertes der charakteristischen Funktionen. Ein Überblick über die historische Entwicklung der thermodynamischen Prinzipien beschließt diesen ersten, allgemeinen Teil. Dann werden von den Systemen gleichförmiger Temperatur zunächst homogene Einkomponentensysteme behandelt, wobei die Teile, die sich auf die festen Körper beziehen, von A. Magnus zum Teil unter Mitwirkung von G. Hoffnung und andere von F. Pollitzer stammen. Der thermischen Zustandsgleichung folgt die kalorische mit ihrer Temperaturabhängigkeit der inneren Energie und des Wärmeinhalts bei konstantem Volumen bzw. konstantem Druck. Bei den heterogenen Einkomponentensystemen spielt das Gleichgewicht zwischen verschiedenen Aggregatzuständen, die Energieänderungen beim Phasenübergang, sowie hierbei auftretende Grenzflächenerscheinungen und Geschwindigkeitsphänomen (bearbeitet von F. Sauerland) eine Rolle. Von den homogenen Mehrkomponentensystemen werden die allgemeinen Eigenschaften von Mischungen und Lösungen erörtert und dann von Eucken, Magnus und Klinkhardt die Gleichgewichte in Gasmischungen und Lösungen und die zeitlichen Veränderungen vor der Einstellung des Gleichgewichts dargelegt. Bei den heterogenen Mehrkomponentensystemen hat Sauerland das Gleichgewicht derselben vom phänomenologischen Standpunkt aus bearbeitet, dem sich aus der Feder des Herausgebers die thermodynamische Behandlung ausgewählter Systeme dieser Art sowie der Grenzflächenerscheinungen, der Umwandlungs- und Reaktionsgeschwindigkeiten in diesen Systemen anschließt. Damit schließt die Behandlung der Systeme gleichförmiger Temperatur ab. Bei der Bearbeitung der Systeme ungleichförmiger Temperatur werden die thermischen und kalorischen Vorgänge ohne Berücksichtigung einer möglichen Arbeitsleistung an die Spitze gestellt. Hier werden Gleichgewichte und chemische Reaktionsgeschwindigkeit sowie die Wärmeleitung (von M. Jakob) behandelt. Die Kapitel über die wärmetechnischen Vorgänge mit Arbeitsabgabe, wie wir sie in den Wärmekraftmaschinen vorfinden, sind von G. Zerkowitz dem Vorhergehenden sehr gut angepaßt. Er bringt zuerst die allgemeinen thermodynamischen Grundlagen der Wärmekraftmaschinen und geht dann zu denen mit äußerer Verbrennung über (Dampferzeugung, Kolbendampfmaschine, Dampfturbine, Wärmeabfuhr). Den Abschluß dieses Abschnitts bilden die Wärmekraftmaschinen mit innerer Verbrennung. Von den Wärmearbeitsmaschinen finden sich die Kompressoren (von Zerkowitz bearbeitet), die Kältemaschinen, d. h. der Wärmetransport unter Arbeitsaufwand (von Pollitzer) und die Zerlegung von Gasgemischen unter Arbeitsaufwand (von Pollitzer). Den Schluß dieses Teilbandes bildet ein Kapitel über die Physiologie der Wärme von U. Ebbecke, das die Temperaturempfindungen, den Wärmehaushalt und die Temperaturregulierung sowie die Wärmebildung im Organismus zum Gegenstand hat. Ein ausführliches Register bietet die Möglichkeit leichteren Auffindens einzelner Probleme in diesem starken, inhaltreichen Bande. Das Buch zu empfehlen, erübrigt sich. Mit dem vorliegenden Bande wird das Lehrbuch seinen besonderen Platz in der physikalischen Literatur vollauf behaupten. *A. Wenzel.*

Technische Physik für technische Lehranstalten und zum Gebrauch in der Praxis. Band I: Mechanik der festen, flüssigen und luftförmigen

Körper einschließlich Meßtechnik und Materialprüfung. Von G. Wiegner und P. Stephan. 4., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin-Leipzig 1926, B. G. Teubner. VI und 322 Seiten, 335 Abb. Preis geb. RM 8.—.

Für den Physikunterricht an allgemein bildenden höheren Schulen, so heißt es im Vorwort, „genügt es, dem Schüler eine Anzahl physikalischer Tatsachen und Grundgesetze vorzuführen, so daß er befähigt ist, einen Teil der Naturerscheinungen und einige technische Vorgänge richtig aufzufassen und zu verstehen. Für den auf die verantwortliche Anwendung der Naturgesetze angewiesenen Techniker, gleichgültig, in welcher Stellung er sich befindet, ist außer den einfachen Grundgesetzen Maß und Zahl von ausschlaggebender Wichtigkeit. Ein für ihn brauchbares Lehrbuch hat also einerseits die zahlenmäßige Vorausberechnung technischer Vorgänge zu lehren . . . und andererseits die bei den praktischen Anwendungen gebrauchten Meßinstrumente und Meßmethoden ausreichend zu erörtern". Damit ist Anlage und Richtung des Buches gekennzeichnet. Behandelt werden nach den „allgemeinen Eigenschaften" der Körper in 5 Kapiteln die Statik und die Dynamik der festen, der flüssigen und der gasförmigen Körper. An eigentlichen physikalischen Sätzen findet man nicht mehr, eher weniger als in einem Schulbuch; die mathematischen Forderungen gehen über die Elemente der Trigonometrie und Stereometrie nicht hinaus. Wesentlich dagegen ist, daß immer Bezug auf die Praxis genommen wird. Um ein ganz einfaches Beispiel zu geben: Wir erfahren nicht nur, wie in anderen Büchern auch, daß sich Körper auf mechanischem Wege immer weiter zerkleinern lassen, sondern hören dabei zugleich, daß der Zement ein grobes Pulver ist, weil er nur durch ein Sieb mit 900 Maschen auf 1 qcm hindurchgeht, daß Zahnpulver, um nicht auf den Zähnen zu knirschen, 3 μ Durchmesser haben muß, daß Polierrot wesentlich feiner ist, daß Müller i. J. 1925 Metallhäutchen von 0,04 bis 0,01 μ Dicke hergestellt hat. Die „allgemeinen Eigenschaften" beanspruchen 60 Seiten, wovon der Hauptteil auf die Längenmeßapparate (die verschiedensten Lehren und Taster, Sphärometer, Minimeter, Optimeter, Interferenzkomparator usw.) und auf die Kohäsion entfällt. Hier werden die verschiedensten Materialprüfungsmethoden und die dafür erforderlichen Maschinen beschrieben, wie wir sie z. B. in den Versuchslaboratorien der großen industriellen Werke finden. Die Unterschiede der elastischen Eigenschaften bei ruhender, wechselnder, schwellender, stoßweiser und schwingender Belastung werden auseinandergesetzt. Ein anderes Beispiel für die Behandlungsart: Neben den auch sonst stets besprochenen Wagen werden die Stückzählwagen beschrieben, ferner die Kippgefäßwagen, die Raddruckwagen und die an den Gepäckschaltern der Bahnhöfe und jetzt auch in Ladengeschäften vielfach vorhandenen Zeiger-Schnellwagen, deren Wiegefedern (Patent Dopp) aus Gußstahl und Nickelstahl von unveränderlicher Elastizität hergestellt sind. Beim Kapitel Zentrifugalkraft werden das Tachometer und (besonders ausführlich) Auswuchtmaschinen und -methoden beschrieben, die für den Bau von allen Maschinen mit schnell gedrehten Teilen so überaus wichtig sind, usw. usw.

Der Stil ist klar und leicht faßlich; die Figuren sind gut. Den einzelnen Abschnitten sind durchgerechnete Musterbeispiele und dann Aufgaben beigegeben, von denen viele auch für die Schule geeignet sind, z. B. der Steinbrecher als Anwendung der Hebelgesetze, der Kran bei der Untersuchung der Standfestigkeit u. a. Auch abgesehen von diesen Aufgaben scheint mir eines wichtig: ich weiß von vielen Kollegen nicht nur, daß sie die in dem Buch behandelten technischen Dinge gar nicht oder nur unvollkommen kennen, sondern auch, daß sie sie gern kennen lernen möchten, freilich ohne schwer zu beschaffende oder dickleibige, bis in die Details gehende Bücher nachschlagen zu müssen. Ihnen ist das Buch zu empfehlen. Solche Kenntnisse sind für uns Physiklehrer außerordentlich wertvoll und wichtig: Nicht, als ob wir das alles im Klassenunterricht vortragen sollten; aber m. E. muß der Lehrer diese Dinge bis zum gewissen Grade kennen, und wenn er davon als von einer wirklichen Anwendung gelegentlich zur Belebung in seinen Unterricht einfließen läßt, so wird er bei seinen Schülern ein gutes Echo finden. Und darum möchte ich das Buch nicht nur angehenden Technikern und Physikstudenten, sondern vor allem auch den Physiklehrern empfehlen. *E. Lamla.*

Dynamische Theorie der Gase. Von J. H. Jeans. Nach der 4. englischen Auflage übersetzt und mit einer Ergänzung versehen von R. Fürth. Braunschweig 1926, Vieweg & Sohn. VII + 614 Seiten, 28 Abbildungen. Preis geheftet RM 35.—.

Der deutsche Herausgeber begründet das Erscheinen der deutschen Übersetzung im Vorwort damit, daß „es derzeit in der deutschen Literatur kein umfassendes und modernes Buch über die kinetische Gastheorie gibt, das gleichzeitig als Lehrbuch für den Studierenden und als Nachschlagebuch für den Forscher auf diesem und verwandten Gebieten dienen kann". Er fährt fort: „Dabei hat die Darstellungsweise von Jeans den Vorzug, gleichzeitig leicht faßlich und mathematisch exakt zu sein. Vor allem aber beschränkt sie sich nicht auf die klassische Darstellung, sondern benutzt, soweit es sich durchführen läßt, die modernsten Methoden, insbesondere die Quantentheorie, so daß man daraus auch über den gegenwärtigen Stand der Forschung orientiert wird". Wenn man das Buch durchsieht, so kommt man sehr bald zu der Überzeugung, daß man für das Herauskommen der Übersetzung dankbar sein muß, und daß im Vorwort nicht zu viel gesagt wird.

Dem überaus reichhaltigen Inhalt des Buches im Rahmen eines kurzen Referates auch nur

annähernd gerecht zu werden, ist völlig unmöglich. Nur kurz sei die Stoff-Gruppierung umrissen: Nach einer Einleitung wird zunächst ein Gas im stationären Zustand behandelt, und zwar zuerst die mathematische Theorie, also die statistisch-dynamischen Eigenschaften des Gases, vor allem die Geschwindigkeitsverteilung (Kap. 2–5), dann die physikalischen Eigenschaften (Kap. 6—7; Temperatur, Druck, Dissoziation usw.). Zweitens wird ein Gas betrachtet, das sich nicht im stationären Zustand befindet; wiederum wird zuerst die mathematische Theorie gegeben (Kap. 8—10), sodann die Anwendung auf die physikalischen Eigenschaften (Kap. 11—15: Viskosität, Wärmeleitung, Diffusion, Planetenatmosphären). In den letzten 3 Kapiteln (16—18) endlich wird die Strahlung und die Quantentheorie behandelt (Planckscher Gesetz, Spektren und Bohrsche Modelle, spez. Wärmen, Quantendynamik).

Gleichgültig, welches Kapitel man aufschlägt, immer merkt man sogleich eines: hier spricht nicht nur ein Meister seines Faches, sondern vor allem auch ein Meister der Darstellung, der es versteht, Exaktheit mit Anschaulichkeit zu vermählen und dadurch auch das Schwierige und Abstrakte sogleich dem Verständnis nahe zu bringen. Stets wird das Problem, ehe es behandelt wird, scharf formuliert und umrissen; die zugrunde gelegten Annahmen werden klar herausgestellt; es gelingt dem Verf. auch in schwierigen Fällen, die Probleme selbst und die ihrer Behandlung zugrunde liegenden Vorstellungen durch einfache, treffend und geschickt gewählte Beispiele oder Analogien auf das glücklichste zu veranschaulichen; wo es möglich ist (z. B. Diffusion, Wärmeleitung u. a.), wird erst eine elementare Herleitung, dann die strengere Behandlung gegeben; der Rechnung folgt der zahlenmäßige Vergleich des Ergebnisses mit der Erfahrung; schwierige Punkte (z. B. Entropieabnahme) erfahren eine gründliche Besprechung. Alle diese Vorzüge werden auf das trefflichste ergänzt durch die reichhaltigen und wertvollen Anmerkungen des Herausgebers (34 Seiten), in denen noch so manches erweitert und vor allem auch die deutsche Literatur stärker herangezogen wird.

Als Beispiel für die Fähigkeit des Verf., den Inhalt physikalischer Vorstellungen anschaulich darzustellen, verweise ich z. B. auf die in der Einleitung besprochenen Grundvorstellungen der kinetischen Gastheorie (Vergleich mit Billardkugeln), auf die Erklärung der Van der Waalsschen Gleichung, auf die Besprechnng der Ergodenhypothese, die Erklärung des Begriffs Phasenraum u. v. a. Kap. 14 bringt eine gute Zusammenstellung der verschiedenen Möglichkeiten, die Molekulardimensionen zu berechnen; hierzu können dienen: freie Weglänge (d. h. Viskosität, Diffusion, Wärmeleitung), Abweichung vom Boyleschen Gesetz, Dichten im festen und im flüssigen Zustand, Dielektrizitätskonstante, Kristallstruktur. Ausführlich werden die Geschwindigkeitsverhältnisse in Gasen besprochen; der Übersetzer weist hier auf die im Text merkwürdigerweise nicht erwähnte experimentelle Bestimmung der Geschwindigkeit von Silberatomen durch Stern hin (1920). Interessant sind die Betrachtungen über Planetenatmosphären. Bekanntlich ist die Zusammensetzung der Erdatmosphäre außerhalb der inneren Schicht (10—15 km Höhe) noch nicht geklärt; Vegard z. B. nimmt auf Grund der Nordlichtspektren an, daß in 100 km Höhe der überwiegende Teil aus festem Stickstoff-Staub besteht. Die vom Verf. entwickelte Theorie einer Gas-Atmosphäre führt zwar hierin zu einem anderen Ergebnis (es müßte in der angegebenen Höhe Wasserstoff überwiegen); sie gibt aber eine bemerkenswerte Erklärung dafür, daß manche Planeten und Monde Atmosphären haben, andere nicht: 800 km über der Erdoberfläche wäre die freie Weglänge des Wasserstoffs 10 m, in viermal so großer Höhe sogar 10000 km. Hier ist es ohne weiteres möglich, daß schnelle Molekeln die Atmosphäre endgültig verlassen. In welchem Maß das geschieht, hängt von der Gravitationskraft des Planeten, von der Temperatur und dem Molekulargew. des Gases ab. Auf der Erde würde der Wasserstoff der äußeren Atmosphäre, wenn man ihre Temperatur zu 53° C annimmt, erst in $2{,}8 \cdot 10^{24}$ Jahren abströmen, einer Zeit also, die auch für astronomische Verhältnisse ungeheuer groß ist. Eine Diskussion der Verhältnisse auf andern Planeten und Monden gibt gute Übereinstimmung mit den astronomischen Beobachtungen.

Die Paradoxien des Entropieproblems werden ausführlich behandelt. Die Entropie eines völlig abgeschlossenen Systems, das sich noch nicht im thermischen Gleichgewicht befindet, nimmt nach den Lehren der reinen Thermodynamik bis zu einem Maximalwert zu, den sie dann behält; der Vorgang ist irreversibel. Andererseits werden, vom Standpunkt der Molekulartheorie, alle Bewegungen der Molekeln durch die Gleichungen der Mechanik bestimmt; sie sind reversibel: der ganze Vorgang müßte also auch, unter Abnahme der Entropie, rückwärts laufen können. Wie klärt sich der Widerspruch auf? In der Tat, vom Standpunkt der abstrakten Dynamik gibt es nur Wahrscheinlichkeiten. Haben wir (das Beispiel stammt von Lord Kelvin) eine anfangs gleichmässig temperierte Eisenstange, die weder einer äußeren Störung noch einem Energieverlust ausgesetzt ist, so ist es unendlich wahrscheinlich, daß nach einer genügend langen Zeit die Temperatur der einen Hälfte um einen gewissen Betrag höher ist als die der andern. Ja, es ist sogar beliebig wahrscheinlich, daß, wenn man genügend oft Wasser auf eine Flamme stellt, dieses gefriert statt zu sieden. Es gibt aber freilich so viele molekular-mechanische Wege, auf denen das Wasser zum Kochen kommen kann, die für uns ununterscheidbar sind, und so wenig, auf denen es zum Gefrieren kommt, daß wir sagen können, es ist praktisch sicher, daß das Wasser sieden wird. Handelt es sich um Gemeinschaften von relativ wenig Molekeln, so kann man die Änderung der Entropie nach beiden Richtungen hin beobachten (Schwankungserscheinungen z. B. der Dichte in kolloidalen Lösungen).

Noch ein Wort über die letzten Kapitel. Verf. formuliert das Problem der Quantendynamik dahin, daß verlangt wird 1. die Bestimmung der allgemeinen Form der Einschränkungsgleichungen (die die nach der klassischen Dynamik möglichen Fälle der Bewegung einschränken) in solcher Form, daß sie auf alle dynamischen Systeme anwendbar sind, 2. die Bestimmung des Mechanismus der angenommenen Sprünge beim Übergang von einer erlaubten Bewegung zu einer andern. Verf. bespricht das ganze in Betracht kommende Gebiet (der Übersetzer weist hier auf die neuesten Arbeiten von Heisenberg, Born und Jordan hin); er zeigt, wie hier die wissenschaftliche Arbeit noch in vollem Fluß ist, und schließt sein Buch mit den Worten: „Das Arbeitsfeld, das unerforscht zurückbleibt, ist unvergleichlich größer und wichtiger als das, welches bisher bezwungen wurde". *E. Lamla.*

Stereoskopbilder von Kristallgittern. Herausgegeben von M. von Laue und R. von Mises. 24 Stereoskoptafeln, 3 Textabbildungen und 43 Seiten deutscher und englischer Text. Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Geb. RM 15.—.

Die außerordentlich große Bedeutung, die die Frage nach der Struktur der Kristallgitter durch die Entdeckung der Röntgenstrahlinterferenzen gewonnen hat, zwingt jeden Physiker und Chemiker, sich mit diesem Gebiet zu beschäftigen. Eine wirkliche, auf Anschauung beruhende Einsicht in die verschiedenen Möglichkeiten, einen Kristall aus Atomen aufzubauen, läßt sich durch bloße ebene Abbildungen nicht vermitteln. Körperliche Strukturmodelle wiederum sind so unhandlich und vor allem so teuer, daß nur Institute usw. sie beschaffen können. Laue ist nun auf den glücklichen Gedanken gekommen, die Modelle durch Stereobilder zu ersetzen und diese Stereoskopbilder geometrisch zu konstruieren. Dieser Gedanke ist in der vorliegenden Arbeit verwirklicht. Der Berechnung zugrunde gelegt ist ein Augenabstand von 65 mm und eine Distanz zwischen Augen- und Bildebene von 250 mm.

Die 24 Tafeln mit stereoskopischen Gitterbildern umfassen die 14 sog. Bravaisschen Typen und eine Auswahl von 10 der einfachsten Kristallstrukturen, die bisher röntgenographisch festgestellt sind. Geplant ist eine Fortsetzung der Arbeit. Der Ort jedes Atommittelpunktes ist durch einen kleinen Kreis gekennzeichnet (wenn 2 Arten von Atomen auftreten, werden volle und leere Kreise benutzt). Um die Anordnung der Atome im Aufbau des Gitters leichter erkennen zu lassen, sind die Kreise zum Teil durch gestrichelte Linien verbunden. Um es gleich vorweg zu sagen: die Bilder vermitteln, durch das Stereoskop betrachtet, eine ganz vorzügliche Anschauung. Ein beigelegtes Heftchen gibt die nötigen Erläuterungen.

Ein einfaches Parallelgitter (Bravaissches Gitter) entsteht, wenn man von einem Punkte A aus 3 nicht in einer Ebene liegende Vektoren a, b und c und ebenso die umgekehrten Vektoren — a, — b, — c aufträgt, von den so gewonnenen 6 Endpunkten aus wieder diese Vektoren aufträgt usf. Die Gesamtheit der so gewonnenen Anfangs- und Endpunkte der Vektoren bilden das Gitter. Ist ein Gitter fertig gegeben, so kann man es im allgemeinen auf verschiedene Weise aus 3 Vektoren entstanden denken. Ein nicht einfaches Gitter erhält man, wenn man nicht von einem Punkte A, sondern von mehreren (A, B, C usw.) ausgeht und auf diese die oben erwähnten Translationen anwendet. Man kann sich, was auf dasselbe hinauskommt, mehrere einfache Gitter ineinander gestellt denken. Ein Gitter, das als nicht einfaches erzeugt wurde, kann mitunter (bei Benutzung anderer Vektoren) auch als einfaches gedacht werden.

Behandelt werden 1. das kubische oder reguläre System (a, b, c einander gleich und aufeinander senkrecht), und zwar einfache und mehrfache Gitter, 2. das hexagonale System ($a = b$, bilden einen Winkel von 60°; c auf a und b senkrecht, $c \gtrless a$), 3. das tetragonale System (a, b, c aufeinander senkrecht, $a = b$), 4. das rhomboedrische System ($a = b = c$, schneiden sich unter beliebigen, aber gleichen Winkeln), 5. das rhombische System (a, b, c aufeinander senkrecht und von einander verschieden), 6. das monokline und 7. das trikline System. Zu 3—6 werden einfache und mehrfache Gitter betrachtet.

Nur das Stereoskopbild vermag (neben dem Modell) eine wirklich lebendige Anschauung z. B. der mehrfachen Gitter zu vermitteln. Sehr schön ist zu erkennen, wie z. B. das raumzentrierte und das flächenzentrierte kubische Gitter bei anderer Wahl der Grundvektoren auch als einfache Gitter aufgefaßt werden können.

Es folgen Untersuchungen über die dichtesten Kugelpackungen. Die letzten 9 Tafeln enthalten die Kristallstrukturen einiger Salze, wie sie experimentell festgestellt sind. Man erkennt, daß z. B. CsCl ganz anders aufgebaut ist als NaCl, AgCl ebenso wie NaCl, aber anders als AgJ usw. Die wahre Atomdistanz in den untersuchten Kristallen wird in Å angegeben.

Allen Lehrern der Physik und Chemie, die nicht Zeit und Lust haben zum Studium umfangreicher Werke, und die doch schnell, sicher und gründlich durch lebendige Anschauung in die Geheimnisse der Kristallgitter-Strukturen eingeführt werden wollen, kann das vorliegende Werk gar nicht warm genug empfohlen werden; hier hat man nicht in erster Linie zu lesen, sondern zu schauen. *E. Lamla.*

Die Telephonie-Sender. Von Dr. P. Lertes. X, 191 S., mit 116 Abbildungen im Text und auf einer Tafel (14. Band der Bibliothek des Radio-Amateurs.). Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Preis RM. 8.40, geb. RM. 9.60.

Das Bändchen gewährt einen guten Überblick über die Sendetechnik bei den heutigen Rundfunkstationen und über die damit zusammenhängenden sonstigen Probleme. Da der Verfasser bei der Behandlung des Stoffes weit über den Rahmen dessen hinausgegangen ist, was im besonderen nur den Radio-Amateur an der Sende-

technik interessiert, so ist der Band auch für die Fachlehrer an höheren Schulen wertvoll, zumal über dieses Gebiet zusammenfassende Darstellungen nur spärlich zu finden sind.

Verfasser betrachtet zunächst das Schwingungsproblem als solches vom rein physikalischen Standpunkt aus, insbesondere die Bedingungen und Ursachen der Entstehung eines hochfrequenten Wechselstromes ungedämpfter Art in einem Stromkreise, dann die Erzeugung von ungedämpften elektrischen Schwingungen durch die Hochfrequenzmaschinen von Telefunken und Lorenz, durch den Lichtbogen und die Röhre. Besondere Beachtung für den Lehrer verdienen die Abschnitte über die physikalischen Vorgänge im Lichtbogen bei der Schwingungserzeugung, über die entstehenden Schwingungsarten und die Mittel zur Erzeugung von Schwingungen zweiter Art, zumal die Poulsenlampe leicht behelfsmäßig hergestellt werden kann und ein vorzügliches Mittel zur Erzeugung starker elektrischer Schwingungen ist. Im Schulunterricht wird der Poulsengenerator außerdem aus Gründen der Übersichtlichkeit und Billigkeit Röhrensendern größerer Leistung vorzuziehen sein. Auch benötigt der Poulsengenerator nur eine Spannung von etwa 200 Volt Gleichspannung, während Röhrengeneratoren mit Leistungen gleicher Größenordnung erst bei einer Anodenspannung von 400 Volt und mehr betriebssicher arbeiten. Hohe Spannungen sind aber für den Schulunterricht wenig erwünscht und außerdem gefährlich.

In einem weiteren Abschnitt wird das Problem der Übertragung von Sprache und Musik vom akustischen und hochfrequenztechnischen Standpunkt aus behandelt. Über die technischen Schwierigkeiten, die zu überwinden sind, sagt Verfasser: „Diese Wellen sind die elektrischen Wellen (die zur Überwindung großer Entfernungen allein in Betracht kommen), und ihr Träger ist der den ganzen Raum erfüllende Äther, den sie nach allen Richtungen Tausende von Kilometern weit mit ungeheurer Geschwindigkeit durcheilen. Obwohl der Mechanismus dieses „elektrischen Rundfunks", wenn wir ihn so nennen wollen, der Form nach dem „akustischen" gleicht, stellt er doch wieder etwas Neues dar, und zwar deswegen, weil einerseits die mechanischen Schwingungen, auf Grund deren Sprache und Musik entstehen, nicht direkt, sondern erst auf dem Umwege über die Schallwellen in elektrische Schwingungen verwandelt werden, und weil andererseits der Mensch kein Organ zur direkten Wahrnehmung von elektrischen Schwingungen hat, sondern auch hier wieder der Umweg über die akustischen Schwingungen gewählt werden muß. In diesen vielfachen Umwandlungen sind auch die technischen Schwierigkeiten begründet, die zu überwinden sind, um die naturgetreue Wiedergabe der an einem bestimmten Ort entstehenden Sprache und Musik an einer anderen, unter Umständen weit entfernten Stelle im Raume zu erreichen. Die hierbei zu lösenden Probleme sind sowohl akustischer, als auch hochfrequenz-technischer Art, Probleme, die zu den interessantesten gehören, an deren Lösung heute Menschengeist und Menschenhand arbeitet."

Anschließend an das Problem der Übertragung von Sprache und Musik werden die sich hieraus ergebenden Anforderungen an das Mikrophon erörtert und die zur Zeit bei den Rundfunksendern gebrauchten und überholten Mikrophoneinrichtungen beschrieben. Der Abschnitt über spezielle Senderschaltungen deutscher und ausländischer „Rundspruchstationen", sowie über die Einrichtungen der modernen Rundfunkstationen verrät Erfahrung. In den letzten Kapiteln werden noch ungelöste Probleme: Die Telephoniesenderschaltungen zur Ausscheidung der Trägerfreqenz und eines Seitenbandes, stereoakustische Rundfunkübertragungen und das Gegensprechen, kurz behandelt. Die Kurzwellentelegraphie und -telephonie sind absichtlich in den Band nicht aufgenommen, da dieses Thema von anderer Seite in einem Bändchen der Bibliothek des Radio-Amateurs behandelt werden soll.

A. Semiller.

Die Störungen beim Radio-Empfang. Von Dr. Ludwig Bergmann. Mit 70 Textabbildungen. VIII, 86 Seiten. (Bibl. d. R.-A., Bd. 31.) Berlin 1926, Verlag von Julius Springer. Preis RM 3.—.

Dieser Band 31 der Bibliothek des Radioamateurs stellt den Versuch dar, die vielen Einzelbeobachtungen, Ergebnisse und Theorien über die Störungserscheinungen beim Radio-Empfang geschlossen darzustellen.

Verfasser unterscheidet:

1. atmosphärische Störungen,
2. die Schwankungserscheinungen bei drahtlosem Empfang,
3. lokale Störungen,
4. Störungen durch fremde Sender und fremde Empfangsstellen.

Er beschreibt nicht nur diese Erscheinungen, sondern betrachtet die Ursachen dafür, soweit sie bisher durch Untersuchungen bekannt sind, und gibt gleichzeitig auch die Mittel an, die zu ihrer Beseitigung angewandt werden können. Ausgeschlossen sind alle Störungen, die im Empfangsgerät unter gewissen Bedingungen auftreten können.

Das Büchlein mit dem ausführlichen Literaturverzeichnis dürfte jedem Rundfunkhörer, vor allem aber den Bastlern, die Fernempfang betreiben, manche Anregung bieten.

A. Semiller.

Die Relativitätstheorie im Unterricht. Von Prof. Dr. P. Riebesell. (Heft 5 der Beihefte der Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaften, herausgegeben von G. Wolff). Berlin (ohne Jahreszahl), Otto Salle. IV und 42 Seiten, 29 Figuren. Preis geh. RM 2.20.

Als Bestimmung des Büchleins wird im Vorwort angegeben, „den Schulkreisen eine Darstellung über die Bedeutung der Relativitätstheorie und die Möglichkeit einer Behandlung im Unterricht" zu geben. Nach einer allgemeineren Betrachtung über Invarianten bespricht Verf. das

Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik und zeigt sodann, daß dieses für die Optik nicht mehr gilt. Sowohl dieses Kapitel wie auch die folgenden (Zeitvergleichung und Gleichzeitigkeit) zeichnen sich durch ganz besondere Klarheit und vorzügliche Anschaulichkeit aus und bereiten dadurch dem Verständnis der nun folgenden Transformationsgleichungen einen günstigen Boden. Diese werden in der bekannten Weise aus der Forderung abgeleitet, daß sich ein Lichtblitz für jedes von 2 bewegten Koordinatensytemen als Kugelwelle ausbreiten soll. Die rein kinematischen Folgerungen aus den Transformationsgleichungen in bezug auf die Beurteilung von Längen und Zeiten von verschiedenen Systemen aus werden ausführlich besprochen und durch graphische Darstellung veranschaulicht. Der dynamische Teil der speziellen Relativitätstheorie kommt leider etwas kurz weg ($1\,^1/_4$ Seite), und doch wird man, wenn man überhaupt die Relativitätstheorie im Schulunterricht behandeln will, gerade hierauf mehr eingehen müssen. Hier hat meines Erachtens die Behandlung der Relativitätstheorie auf der Schule ihre Achillesferse; der Übergang von der Kinematik zur Dynamik bietet seine ganz besonderen Schwierigkeiten. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn der Verf., der über eine so überaus geschickte Feder verfügt, bei einer evtl. 2. Auflage an dieser Stelle ausführlicher würde. Die letzten 10 Seiten sind der allgemeinen Relativitätstheorie gewidmet, und zwar, wie es in der Natur der Sache liegt, mehr über Ergebnisse referierend als diese herleitend. Ein Literaturverzeichnis beschließt die Arbeit, die zur Einführung sicherlich vielen willkommen sein wird. *E. Lamla.*

Im Umkreis der exakten Wissenschaften. Herausgegeben von Dr. Eugen Stock, unter Mitwirkung von Hans Heinrich Schmidt-Voigt. Frankfurt a. M. 1926, Moritz Diesterweg. 179 S., Ganzleinen RM 3.40.

Das vorliegende Werk bildet eine Ergänzung zu dem Lesebuche „Deutsche Kultur" und bietet in drei großen Abschnitten, die unter den Titeln: „Wesen und Gestalt", „Wirken und Gestaltung" und „Gestalten" zusammengefaßt sind, eine Reihe von Aufsätzen, Ausschnitten und Reden aus dem Stoffgebiet der exakten Wissenschaften, der Technik und der Wirtschaft, die in glücklichster Auswahl einen Einblick gewähren in die Fülle der Probleme, die im Umkreis dieser Wissenschaften auch den Primanern zugänglich sind.

Einige Titel werden die Vielseitigkeit der behandelten Fragen ebenso wie die Verschiedenartigkeit der Schriftsteller zeigen. Im 1. Abschnitt finden wir u. a.: „Das Wesen der Mathematik" (A. Voss); „Galilei über die Methode der Naturwissenschaft" (P. Natorp); „Materialismus und Monismus als naturwissenschaftliche Weltanschauungen" (P. Volkmann); „Naturwissenschaft und Gottesidee" (J. Reinke); „Vorwort zur Farbenlehre" (J. W. Goethe). Der 2. Abschnitt bringt „Dürers Schönheitsideal und die Mathematik" (E. Panofsky); „Technik und Ethik" (V. Engelhardt); „Kritik der technologischen Geschichtsauffassung bei Karl Marx" (W. Sombart); „Die Technik bei den Griechen" (H. Diels); dazu Proben aus dem klassischen und modernen Schrifttum über naturwissenschaftliche und erkenntnistheoretische Fragen (Goethe, Th. Mann) und soziologische Probleme (G. Kaiser, H. Lersch, P. Zech, K. Bröger, B. Kellermann u. a.). Der 3. Abschnitt endlich vereinigt Aufsätze über hervorragende Forscher und Männer der Technik. Goethe als Naturforscher, A. v. Humboldt, J. Liebig, Stephan, Gauss, Abbe, Helmholtz und Kant werden dargestellt. In diesem Teil soll und wird das Buch das Bedürfnis des jugendlichen Menschen nach Heldenverehrung befriedigen, „indem es in ihm die Bewunderung weckt für Männer, deren Leben ein stilles und edles, entsagungsreiches Heldentum gewesen ist in der Arbeit für das Wohl der anderen und im Kampfe der Geister um die ewigen Güter der Menschheit".

Die Fülle des Gebotenen gestattet vielseitige Verwendung. Deutsch- und Fachlehrer können es in gleicher Weise benutzen, sei es, um einzelne Fragen an der Hand der ausgewählten Aufsätze zu besprechen, sei es, um in Arbeitsgemeinschaften und Schülervorträgen größere Problemkreise zusammenfassend zu behandeln. Hierbei wird die Zusammenstellung größerer Aufgaben, die mit dem Buche und anderen, leicht zu beschaffenden literarischen Hilfsmitteln gelöst werden können, wertvolle Anregungen und Fingerzeige bieten, die man dankbar entgegennehmen wird. Gleiches gilt von dem Schriftstellerverzeichnis und den Anmerkungen, die knapp und klar Fach- und Kunstausdrücke erklären, die etwa Schwierigkeiten bereiten könnten. Auch die Bildbeigaben sind sehr zu begrüßen.

Aus all diesen Gründen kann man dem Buche nur weiteste Verbreitung wünschen. Es dient dem Arbeitsunterricht ebenso wie der Konzentration und philosophischen Vertiefung: möge es vor allem dazu beitragen, den Glauben zu zerstören, daß man die Kulturbedeutung einer Zeit begreifen und beurteilen kann, ohne die Gedanken und Kräfte zu berücksichtigen, die im Umkreis der exakten Wissenschaften von maßgebender Bedeutung sind. *E. Sellien.*

Grundriß der Chemie und Mineralogie. I. Teil. Für Realschulen, Lyzeen und die Mittelstufe von Vollanstalten. Von Dr. E. Mannheimer. Leipzig und Berlin 1926, B. G. Teubner. 114 S. und 111 Abbildungen. Preis kart. RM 2.20.

Reges Leben herrscht gegenwärtig auf dem Gebiet der chemischen Schulliteratur. Umarbeitungen altbewährter Schulbücher und zahlreiche Neuerscheinungen geben Zeugnis davon. Unter letzteren ist das eben bekannt gewordene Buch von Mannheimer besonders beachtenswert. Nach den einleitenden Worten des Verfassers soll es ein Lehr- und ein Lernbuch sein. Als Lehrbuch muß es neben einer ansprechenden Form der Darstellung, die den Schüler auch zu einer freiwilligen Lektüre anregt, eine gewisse

Fülle des Stoffes bieten und ein einigermaßen abgerundetes Bild des Stoffes geben. Beides wird man ohne weiteres von Mannheimers Buch zugeben müssen. Was hier an Stoff auf knapp 110 Seiten geboten wird, ist erstaunlich. Neben den für eine Einführung in das Wesen chemischer Vorgänge notwendigen Metallen und Metalloiden werden noch wichtige organische Verbindungen behandelt. Aber die Anordnung und Verarbeitung dieses Materials weicht von der in systematischen Lehrbüchern meist üblichen stark ab. Der Stoff ist in 6 Abschnitte gegliedert. Den ersten könnte man in seinem Anfang fast einen physikalischen Vorkursus nennen, denn er handelt in 12 Seiten von Formarten (Aggregatzuständen) und Zustandsänderungen und beginnt erst auf Seite 13 mit dem eigentlichen chemischen Unterricht, der Erörterung stofflicher Veränderungen. Hier wäre wohl eine erhebliche Kürzung möglich. Der Chemielehrer muß bei Schülern, die bereits 2 Jahre physikalischen Unterricht gehabt haben, die Kenntnis derartiger Dinge voraussetzen können, wenn er daran denken will, den von Mannheimer vorgeschlagenen Lehrgang auch nur in den Hauptzügen in einem Jahre zu bewältigen und ihm dabei in der Grundidee des Buches — Erarbeiten des Materials in eingebauten Schülerübungen — zu folgen. Unter möglichst enger Anlehnung an Erfahrungen aus dem täglichen Leben wird dann an verschiedenen Beispielen beobachtet, wie die Hitze Stoffe in „Teilstoffe“ spaltet oder zu neuen Stoffen, „Verbindungen“, zusammenbringt. Als drittes Arbeitsverfahren wird neben Analyse und Synthese die Veränderung durch „Stoffeingriff“ eingeführt. Schon hier setzen quantitative (!) Schülerversuche ein, sie führen auf das Gesetz der konstanten Proportion. Nach Einführung des Elementbegriffes folgt nun im II. Abschnitt eine Untersuchung des Verbrennungsvorganges, im wesentlichen zunächst in der allgemein üblichen Form. Er bereitet des weiteren aber an den Beispielen der Oxyde von Pb, Fe und C schon auf das Gesetz der multiplen Proportion vor und bringt neben einer (für Anfänger reichlich eingehenden) Darstellung des Hochofenprozesses auch noch die chemische Untersuchung des Wassers und das Rösten der Sulfide. Die lebendigen Beziehungen zwischen Chemie, Technik und Wirtschaftsleben werden also schon frühzeitig aufgedeckt und auch in den späteren Kapiteln mit großem Nutzen verwertet. Im III. Abschnitt lernen die Schüler an den Beispielen des Kochsalzes und der Salzsäure die Elektrolyse wässeriger Lösungen sowie die Schmelzelektrolyse als neue und später noch vielseitig angewandte Arbeitsmethode kennen. Die Anlage und Durchführung dieser Untersuchungsreihe ist mustergültig. In ihrer Form entspricht sie dem Ideal einer streng „genetischen“ Unterrichtsweise auch viel mehr als die bisherigen Abschnitte, in denen Vorwegnahme späterer Erkenntnisse, Arbeiten mit Stoffen noch unbekannter Zusammensetzung nicht immer vermieden sind. Nach dieser stofflich recht gründlichen Vorbereitung werden im folgenden Abschnitt nunmehr die Atomtheorie und die damit zusammenhängenden Fragen behandelt, Säuren, Basen, Salze und ihre Wechselbeziehungen im V. Kapitel. Das letzte beschäftigt sich mit dem Aufbau und Abbau organischer Verbindungen und schließt mit einer Untersuchung der Kohle und Kohlenwasserstoffe, ihrer wirtschaftlichen und technischen Bedeutung. Kristallographie und Mineralogie sind nicht gesondert behandelt; an passenden Stellen des Lehrganges kommen sie genügend zur Geltung. Die historische Entwickelung wichtiger Erkenntnisse und technischer Prozesse ist ausreichend dargestellt. Ein Anhang bringt eine Zusammenstellung der für den vorgeschlagenen Unterrichtsgang notwendigen Geräte. Die dazu notwendigen Teile sind weitgehend typisiert, ihre Anzahl verhältnismäßig gering. Aus wenigen Einzelteilen bestimmter Form und Abmessung können die Versuchsanordnungen rasch zusammengestellt werden.

Wenngleich dem Buche in seiner ganzen Anlage ein bestimmter, methodisch sorgfältig durchdachter Plan zugrunde liegt, wird es dem Lehrer dennoch genug Bewegungsfreiheit lassen. Bei der Fülle des Stoffes und der starken Betonung quantitativer Untersuchungen wird wohl in allen Fällen eine angemessene Auswahl notwendig sein. Für den Schüler ist es andererseits ein richtiges und gutes Lernbuch. Die prägnante Ausdrucksweise namentlich der Zusammenfassungen am Ende eines Abschnittes, die zahlreichen guten Abbildungen sowie die ausgiebige Anwendung mehrerer Schriftarten geben einen klaren Überblick über den behandelten Stoff und erleichtern die Einprägung. Einige kleine Unstimmigkeiten (wie z. B. in der Numerierung einiger Versuche) in dem sachlich einwandfreien Text können nur als kleine Schönheitsfehler bezeichnet werden. Das Gesamturteil ist dahin zusammenzufassen, daß es sich bei Mannheimers Lehrbuch um eine lebhaft zu begrüßende Neuerscheinung handelt, die der Beachtung der Fachgenossen angelegentlichst empfohlen wird.

Große Kreul.

Leitfaden der Chemie und Mineralogie. Unterstufe. Von Arendt-Doermer. 16. Auflage. Leipzig 1927, Verlag von L. Voss. Preis RM 2.40.

Die Neuauflage trägt allen Forderungen der preußischen Richtlinien Rechnung; dabei ist die Eigenart des Buches erhalten geblieben: Die Reaktion als Einteilungsgrund. Der Leitfaden ist ein gründlich durchgearbeitetes Buch. Der Schüler wird auf induktivem Weg zur Erkenntnis der chemischen Grundbegriffe und Gesetze geführt.

Der aufgenommene Lehrstoff entspricht den heutigen Bedürfnissen. Die den Schüler der Mittelstufe besonders interessierende „Chemie des täglichen Lebens“ ist weitgehend berücksichtigt; auch technischen und agrikulturchemischen Fragen wird gebührende Beachtung geschenkt. Als besondere Vorzüge sind noch zu nennen die ansprechenden Angaben der neuesten

Gewinnungsweisen, die durch ausgezeichnete Bilder veranschaulicht werden.

Der Leitfaden führt in leicht verständlicher Form in die Chemie ein. Der deutliche Druck und das gute Papier sind weitere Empfehlungen für das Buch. *H. S.*, Frkft. a. M.

Grundzüge der Chemie, Ausgabe A. Von Wilbrand-Küsel 11 Aufl. Mit 137 Abbildungen, 123 S. Hildesheim und Leipzig 1926, A. Lax.

Das Wilbrandsche Lehrbuch hat seine unzweifelhaften Verdienste auf methodischem Gebiete; es ist eines derjenigen Lehrbücher, die schon frühzeitig entgegen einer vorherrschenden systematischen Behandlung des Stoffes eine streng induktive Methode einschlugen und dieser Stoffbehandlung zu ihrer heute fast allgemeinen Anerkennung verholfen haben. Stoffauswahl und Anordnung, die besonders unter dem Einfluß dieser Grundanschauung stehen, sind vorzüglich.

Die vorliegende 11. Auflage sollte der modernen Entwicklung der chemischen Wissenschaft und des chemischen Unterrichts angepaßt werden (die 10. Aufl. erschien 1920). Es ist leider nicht festzustellen, daß dies gelungen ist. Von einem heutigen Chemielehrbuch muß verlangt werden, daß es in möglichst eindrucksvoller Weise die umfassende Bedeutung der chemischen Wissenschaft für unser heutiges Leben zum Ausdruck bringt. Auch im Anfängerunterricht muß überall der Pulsschlag der gewaltigen Entwicklung in der chemischen Wissenschaft und ihren lebenswichtigen Anwendungsgebieten herauszufühlen sein, überall muß an die chemisch-biologischen, die chemisch-technischen und chemisch-volkswirtschaftlichen Probleme wenigstens herangeführt werden. Dieser Forderung sollte schon äußerlich dadurch entsprochen werden, daß lebenswirkliche Abbildungen aus den oben skizzierten Anwendungsgebieten der Chemie in genügender Zahl aufgenommen werden. Durch sie müßten eine große Zahl von veralteten und zum Teil auch falsche Vorstellungen erweckenden schematischen Abbildungen ersetzt werden, so z. B. Abb. 18, 19, 27, 45, 52 und 65.

Es sollte heute kein Lehrbuch mehr geben, das nicht wenigstens eine Hochofenanlage, so wie sie wirklich aussieht, abbildet, und das die Veredelungsprozesse des Eisens nur durch Aufzählung erledigt So führen wir nicht an das Verständnis der hervorragenden chemisch-technischen und volkswirtschaftlichen Bedeutung der deutschen Eisenerzeugung heran. Ähnliches gilt für das Problem der künstlichen Düngung. Die kurzen Hinweise auf die Düngesalze in verstreuten, durchgängig kleingedruckten Abschnitten des Lehrganges lassen den Schüler in keiner Weise ihre grundlegende Bedeutung für chemische Industrie, für Landwirtschaft und Volkswirtschaft auch nur ahnen. Auch auf das Verständnis der Brennstoffrage wird in ganz unzulänglicher Weise hingearbeitet. Entgasungs- und Vergasungsprozeß, flüssige Brennstoffe — Petroleum, Benzin — gasförmige Brennstoffe — Wassergas, Luftgas, Leuchtgas — werden nicht als wichtige Glieder in dem, unsere heutige ganze Technik beherrschenden Brennstoffproblem behandelt.

Der Zusammenhang mit der Biologie wird ebenfalls in nicht ausreichendem Maße hergestellt. Atmungsprozeß, Assimilation, Gärung und Verdauung mußten ihrer Bedeutung entsprechend einen breiteren Raum einnehmen. Ein Teil dieser chemisch-biologisch wichtigen Prozesse kann aber in dem vorliegenden Lehrbuch deshalb nicht genügend zur Geltung kommen, weil der organischen Chemie nur eine halbe Textseite zugebilligt ist.

Grundsätzlich ist das Experiment zur Grundlage der Stoffbehandlung gemacht. Es wäre wünschenswert, wenn auch textlich sich das Experiment aus der Darstellung heraushöbe und den Ausführungen und Ableitungen vorangestellt würde; dabei sollte der Schülerversuch an erster Stelle stehen. Die anhangsweise Zusammenstellung von solchen Versuchen erscheint unpraktisch. Eine Hineinarbeitung dieses Anhanges in den Text würde bei gleichzeitiger Ausmerzung einiger dann überflüssig werdenden Demonstrationsversuche z. B. Abb. 11 und 12 dem Lehrbuch sehr zum Vorteil werden. Dasselbe gilt von den weiteren Anhängen: „Aufgaben", „Anmerkungen", Nährstoffgehalttabelle und auch von dem mineralogischen Teil.

Die theoretischen Kapitel leiden teilweise unter einer zu kurzen und für Schüler nicht leicht verständlichen Darstellungsweise. Auch sonst wäre es wünschenswert, daß der Text in diesem Sinne einer genaueren Prüfung unterzogen würde.

Ref. kann sich nicht ganz dem Eindruck entziehen, daß das Lehrbuch oft mehr mit Rücksicht auf den Lehrer als auf die Bedürfnisse des Schülers abgefaßt ist. Eine solche Einstellung muß als verfehlt betrachtet werden. Das Lehrbuch muß in allererster Linie für die Hand des Schülers bestimmt sein. In dieser Voraussetzung müssen auch die am Ende der Kapitel gegebenen Wiederholungen als wertlos gestrichen werden.

Endlich sei noch auf einige Einzelheiten hingewiesen: die Atomtheorie wird zu früh gebracht, nicht genügend experimentell vorbereitet und zu kurz dargestellt. Zur Explosivität des Wasserstoffs werden Resultate und keine Versuchsanordnungen gegeben. Das autogene Schweißen und Schneiden wird nicht genügend und seiner Bedeutung entsprechend herausgehoben und dem Verständnis der Schüler nahegebracht. Wirtschaftsgeographische Hinweise sind auch beim Schwefel und Salpeter zu vermissen. Der Röstprozeß findet keine selbständige Behandlung, sondern wird nur beiläufig erwähnt. Die Aufzählung der Verwendungsarten der Schwefelsäure ist für den Schüler unverständlich, da die experimentellen Grundlagen fehlen. Auch für das Kapitel „Valenz" wird kaum genügendes Verständnis bei den Schülern zu erwarten sein. Es muß scharf unterschieden werden zwischen Kohle und Kohlenstoff (S. 79). Hervorgehohen zu werden verdient, daß die geschichtlichen Zusammenhänge in geschickter und ausreichender Weise eingeflochten sind. *H. Eddelbüttel.*

Schulchemie. Von Georg John. 6. vermehrte Aufl. Mit zahlreichen Abbildungen im Text, fünf schwarzen und einer farbigen Tafel. Leipzig 1926, Quelle & Meyer. 250 S.

Die neue Auflage bringt eine Vermehrung und Verbesserung des Abbildungsmaterials und textliche Erweiterungen durch Aufnahme des periodischen Systems, der Radioaktivität, des Atombaues, der homologen Reihen in der organischen Chemie und der Lehre von den Kolloiden. Außerdem findet die Ionentheorie eine etwas erweiterte Anwendung.

Die Darstellung ist klar und gut faßlich, die Beziehungen zu den verwandten Fächern, besonders zur Biologie, sind gut gepflegt. Die streng systematische Anordnung des Stoffes ermöglicht gute Übersichtlichkeit und leichte Auffindbarkeit der Gegenstände, beengt den Lehrenden in denkbar geringster Weise, schließt aber eine Überfülle des Stoffes in sich, die geeignet ist, auf den Schüler stark verwirrend zu wirken. Es ist nicht daran zu denken, daß eine solche Stoffülle auf experimenteller Grundlage zu erarbeiten ist. An dem aber, was auf Grund des Versuches stofflich zu bewältigen ist, sollte im wesentlichen der stoffliche Umfang eines Lehrbuches, besonders für die Unterstufe, gemessen werden.

Was hier geboten wird, geht weit über den Rahmen der Mittelstufe unserer höheren Lehranstalten hinaus. Andererseits ist das Lehrbuch wegen der knappen Behandlung der theoretischen Kapitel noch nicht völlig für die Oberstufe ausreichend. Der organische Teil genügt allerdings ganz den Ansprüchen der letzteren.

Unter dem oben entwickelten Gesichtspunkt sowie unter dem weiteren, daß das Lehrbuch wesentlich für die Hand des Schülers bestimmt sein sollte, wäre eine wesentliche Einschränkung des Stoffes wünschenswert, oder aber der Ausbau zu einem ausgesprochenen Oberstufenlehrbuch. In beiden Fällen wäre außerdem wünschenswert eine etwas weitergehende Betonung der großen Zusammenhänge, die sich als Grundlagen der neuen chemischen Großtechnik ergeben, wie z. B. Düngemittelfabrikation und Brennstoffrage und endlich Pflege der Beziehungen zum täglichen Leben und zur Volkswirtschaft, sowie Einführung von Wirklichkeitsbildern mit dem Hauptziel, die umfassende Bedeutung der heutigen Chemie für unser Wirtschaftsleben auch bildlich zu veranschaulichen. *H. Eddelbüttel.*

Chemie. Anorganischer Teil. Von Dr. Jos. Klein. (Sammlung Göschen Bd. 37; 8. verbesserte Auflage.) Leipzig 1926. W. de Gruyter & Co. Preis in Leinen geb. RM 1.50.

Unter Hinweis auf die früheren Besprechungen mag der Wunsch geäußert werden, daß in dem sonst sehr guten Büchlein in der nächsten Bearbeitung den Neuerungen etwas mehr Rechnung getragen werden möge. Z. B. sollten das Haber-Bosch-Verfahren, die Ammoniumsulfatdarstellung mit Gips, die Oxydation des Ammoniaks zu Salpetersäure, ihrer Bedeutung entsprechende Berücksichtigung finden. *Dm.*

Lehrbuch der organischen Chemie. Von Prof. Dr. I. von Braun, Direktor des chemischen Instituts der Universität Frankfurt a. M. Leipzig 1925, S. Hirzel. XII + 508 S. Preis geb. RM 24.—.

Das Lehrbuch weicht in seiner Stoffanordnung, ähnlich wie die Einführung von Wedekind, wesentlich von den gebräuchlichen Lehrbüchern der organischen Chemie ab. Statt nach der gewöhnlichen Einteilung in aliphatische, aromatische, hydroaromatische und heterozyklische Verbindungen, werden die Stoffe nach den in ihnen enthaltenen Atomgruppen zusammengefaßt, also z. B. die organischen Halogenverbindungen, die Hydroxylverbindungen, die Carboxylverbindungen, die Sulfonsäuren, die Nitroverbindungen. Die heterozyklischen Verbindungen bilden dann eine besondere Gruppe, ebenso wie die Eiweißverbindungen, Kohlehydrate, Fette, Alkaloide, Farbstoffe wegen ihres Zusammenvorkommens in der Natur, ihrer verwandten Bauart oder sonstiger gemeinsamen Kennzeichen, zu besonderen Kapiteln zusammengefaßt werden.

Das Buch stellt durch die Hervorhebung der allgemeinen Gesichtspunkte, durch die zahlreichen Vergleiche der beschriebenen Verbindungen und Reaktionen auch für den Lehrer an höheren Schulen ein wertvolles Hilfsmittel für die Befruchtung seines Unterrichts dar. Der Einfluß bestimmter Atomgruppen auf die chemischen und physikalischen Stoffeigenschaften wird klar herausgestellt, und die Beziehungen der Stoffe zueinander werden durch anschauliche Schemata verdeutlicht. Die technischen Anwendungen werden nirgends vergessen, obwohl sie nur in ihren wissenschaftlichen Grundlagen, ohne technologische Beschreibungen — dem Rahmen des Buches entsprechend — zur Darstellung kommen. In ähnlich knapper Form, aber für das Verständnis völlig ausreichend, kommen die physiologisch-chemischen Verbindungen und Vorgänge zu ihrem Recht.

Die 25 Seiten umfassende geschichtliche Entwickelung der organischen Chemie ist von dem Verfasser absichtlich an das Ende des Werkes gestellt, weil er es für richtiger hält, „wenn der Lernende erst dasjenige Material, aus dem sich unsere theoretischen Vorstellungen entwickelt haben, kennen lernt und mit diesen Kenntnissen sich in den Werdegang der Theorien vertieft, als wenn der umgekehrte Weg eingeschlagen wird.“ In dieser Auffassung können wir dem Verfasser nur zustimmen. Abgesehen von der reichen Anregung, die das Buch jedem Lehrer der Chemie für seinen Unterricht bieten kann, wird seine Lektüre für alle die, welche die organische Chemie nur von der herkömmlichen Stoffanordnung her kennen, zu einer Erweiterung ihres Einblickes in den Aufbau der organischen Chemie führen. *Dm.*

Das Gas in der Schule. Von Dr. K. Schütt. Selbstverlag der Hamburger Gaswerke G. m. b. H. Ladenpreis RM. 2.90.

Die kleine Schrift hat bei einem Preisausschreiben der Hamburger Gaswerke für die Lösung

der Aufgabe: „Wie sind die Schülerinnen und Schüler durch Arbeitsunterricht und Experimente am besten in die haus- und volkswirtschaftliche Bedeutung des Gases einzuführen?", den ersten Preis erhalten. Sie übertrifft alle in der Zeit der Kohlenknappheit und Inflation erschienenen ähnlichen Schriften, sowohl in der Auswahl und Zahl der einwandfreien Schüler- und Lehrerversuche, wie in der Exaktheit und Klarheit der Darstellung. Die Schrift setzt in ihren schwierigeren Betrachtungen das physikalische und chemische Können von Oberrealschülern voraus, ohne dabei die elementaren Versuche und Gedankengänge zu übergehen. Es zerfällt in die Abschnitte: 1. Die Gewinnung des Gases, 2. Das Gas als Wärmequelle, 3. Das Gas als Lichtquelle, 4. Das Gas als Kraftquelle. Dem Chemie- und Physikunterricht an jeder höheren Schule und auch dem an den Volksschulen bietet das Buch eine Fülle von Anregungen für die arbeitsunterrichtliche Behandlung des Gases, und es führt in mustergültiger Weise in die technischen und wirtschaftlichen Probleme ein, die mit dem Gas zusammenhängen und augenblicklich ganz besonders in den Brennpunkt unserer Interessen gerückt sind.

Das Buch wird auf Wunsch von den meisten Gasanstalten kostenlos an die Schulen ihres eigenen Versorgungsbezirks abgegeben. *Dm.*

Lehrbuch der Mikrochemie. Von Prof. Fr. Emich. 2. gänzlich umgearbeitete Auflage. X + 273 Seiten. Mit 83 Textabbildungen. München 1926, J. F. Bergmann. Preis geb. RM 18.60.

Das bekannte Lehrbuch der Mikrochemie führt auf den ersten 133 Seiten in ausgezeichnet klarer Beschreibung und, an der Hand zahlreicher guter Abbildungen, in die Arbeitsmethoden der Mikrochemie ein. Die makrochemischen Arbeitsweisen und Hilfsmittel mußten für die mikrochemische Analyse wesentlich umgestaltet und den besonderen Verhältnissen angepaßt werden. Die mikrochemischen Untersuchungsmethoden sind vielfach schon bei der qualitativen wie bei der quantitativen Analyse unentbehrlich geworden und spielen bei der immer wichtiger werdenden Spurensuche eine immer größere Rolle.

Der spezielle Teil des Buches bringt in annähernd gleichem Umfange die besonderen anorganischen Reaktionen, d. h die Auffindung, Trennung und Bestimmung der Ionen und die qualitative Elementaranalyse nebst den organisch-chemischen Reaktionen für Stoffgruppen und Einzelstoffe. Einige Abbildungen, wie in dem Behrens-Kleyschen Buch, würden die Verwendbarkeit des Werkes gerade für den Anfänger sehr erhöhen, denn der Lernende hat doch seine Schwierigkeiten, wenn er die wirklich charakteristischen Kristallformen, selbst bei der Herstellung einwandfreier Vergleichskristalle, herausfinden soll. In den Schülerübungen der höheren Schule wird niemand sich die Beobachtung des Kristallwachstums unter dem Mikroskop entgehen lassen; es sei nur auf die Ausführungen Rischbieths in dieser Zeitschrift, Jahrg. 39, hingewiesen. Für chemische Sonderkurse lassen sich zahlreiche Aufgaben aus dem Emichschen Buche entnehmen, die den Schülern auch einmal zeigen, daß man mit winzigsten Mengen gut arbeiten kann, wenn man nur sauber arbeitet. Dem Lehrer, der verhältnismässig selten ganze Analysen auszuführen hat, häufiger dagegen irgendeinen einfachen Stoff schnell wieder identifizieren muß, leistet die Mikroanalyse sehr gute Dienste, wenn er sich die einfachsten Hilfsmittel bereit hält. Daher ist ein gutes Lehrbuch der Mikrochemie für die chemische Handbücherei erwünscht; das Lehrbuch von Emich kann für diesen Zweck empfohlen werden. *Dm.*

Anleitung zum chemischen Praktikum. Für Studierende des Bergbaus und der techn. Physik und für Kandidaten des höheren Lehramtes. Von Prof. Dr. Otto Ruff. 52 S. und 11 Abbildungen. Leipzig 1926, Akademische Verlagsgesellschaft. Preis kart. RM 3.60.

Das Buch stützt sich auf die einleitende Vorlesung über Experimentalchemie, will dem Studierenden Anregungen zur praktischen Arbeit im chemischen Laboratorium geben und ihn dabei zu eigenem Nachdenken zwingen. Im I. Teil sollen in praktischen Übungen die wichtigsten Gruppen des periodischen Systems durchgearbeitet werden. Durch zwischengestreute Fragen, Suchen der Reaktionsgleichungen, stöchiometrische Aufgaben, Hinweis auf Kapitel der theoretischen Chemie, die mit dem soeben erledigten Abschnitt besonders nahe zusammenhängen, sollen Praxis und Theorie in lebendiger Beziehung zueinander erhalten werden. Charakteristisch für die Anleitung ist das Bestreben des Verfassers, den Studierenden von Anfang an daran zu gewöhnen, seine Beobachtungen an kleinen Substanzmengen auszuführen. Die Mehrzahl der Reaktionen soll in kleinsten Reagenz- oder Uhrgläschen mit nur wenigen Tropfen Lösung bzw. kleiner Messerspitze der Substanz angestellt werden.

Als Beispiele praktischer Verwertung chemischen Wissens bringt der II. Teil einen stark vereinfachten Gang der qualitativen Analyse und je ein Beispiel aus der Maßanalyse, Gewichtsanalyse, Elektro- und Gasanalyse. Für Lehramtskandidaten mit Chemie als Nebenfach folgt ein Kapitel „Nützliche Unterrichtsversuche", in welchem die Erledigung von 8 (acht) einfachen Versuchen bzw. Präparaten aus Arendt-Doermer als ausreichend angesehen wird. Bei solchen Studierenden, die Chemie als Hauptfach wählen, „erhöht sich nur die Zahl der Analysen und Unterrichtsversuche". Dieser Abschnitt erscheint etwas dürftig; die Anforderungen sind — gemessen an dem, was ein zeitgemäßer Unterricht schon auf der Untersekunda an experimentellem Geschick und Erfahrung verlangt — entschieden zu gering. Der I. Teil dagegen, der, wie das ganze Büchlein, mit weißem Papier durchschossen ist, bringt infolge seiner äußerst knappen Darstellungsform reichliches Übungsmatarial.

Große Kreul.

Merktafeln zur Verhütung von Unfällen im chemischen und physikalischen Unterricht. Von O. Ohmann. 2. Aufl. Berlin 1926, Verlag Winckelmann & Söhne. Preis RM 1.—.

Die Ohmannschen Merktafeln sind zum Aufhängen in den Unterrichtsräumen bestimmt. Da es aber im chemischen Unterricht nicht wenige Gefahren gibt, die kennen und vermeiden zu lehren eine der Aufgaben der Schülerübungen ist, so fällt eine Merktafel immer zu weitläufig und daher nicht eindrucksvoll genug aus, wenn sie einigermaßen vollständig sein will. Diesen Mangel besitzt die Ohmannsche Merktafel, und daher verliert sie sehr an Wert. Das Aufhängen der Warnungs- und Belehrungstafel in den Übungsräumen entbindet den Lehrer überdies nicht von der Pflicht, die Schüler vor den Versuchen auf etwaige Gefahren und ihre Verhinderung jedesmal wieder hinzuweisen. Die Vorschrift „Probiergläser mit Flüssigkeiten (außer Wasser) sind beim Schütteln nicht mit der Daumenhaut, sondern mit festgehaltenem Kork (Kautschuk) zu verschließen" geht doch wohl viel zu weit. Wenn ich mich auch für die Merktafel nicht erwärmen kann, so glaube ich doch, daß sie im Laboratorium gute Dienste leisten kann, wenn sie nur durch ihr Vorhandensein den Lehrer daran erinnert, daß er nicht vergißt, auf etwaige Gefahren aufmerksam zu machen. *Dm.*

Farbenchemisches Praktikum, zugleich Einführung in die Farbenchemie und Färbereitechnik. Von Dr. H. Möhlau und Dr. H. Th. Bucherer. 3., neubearbeitetete Auflage. X + 389 Seiten. Mit 7 Tafeln von Anfärbungsmustern. Berlin und Leipzig 1926, Verlag Walter de Gruyter & Co. Preis in Leinen geb. RM 22.—.

Nach der Beschreibung des Steinkohlenteers und seiner Fraktionen wird die Herstellung der für die Farbstoffgewinnungen erforderlichen Zwischenprodukte, wie Halogenverbindungen, Nitrobenzole und -Phenole, Sulfosäuren, Aminoverbindungen, aromatische Karbonsäuren usw. behandelt. Dann folgen Übungsbeispiele für Farbstoffsynthesen in großer Zahl. Jeder einzelnen Farbstoffgruppe geht eine Beschreibung der Gruppeneigenschaften und der allgemeinen Darstellungsmethoden voraus; so wird z. B. bei den Azofarbstoffen das Wesen des Diazotierens eines Amins und der Kuppelung der entstandenen Diazoniumverbindung mit einem kombinationsfähigen Amin oder Phenol, zunächst in seiner allgemeinen Anwendbarkeit, beschrieben. Daran schließen sich die Übungsbeispiele mit genauen Angaben über die Menge der Ausgangsmaterialien und der Hilfsstoffe, über den Gang der Synthese und über die Literatur. In dem Abschnitt über die Anwendungen der Farbstoffe in der Färberei der Spinnfasern werden die direkten Färbemethoden, die Beizenfärberei und das Küpenfärben beschrieben und an Übungsbeispielen erläutert. Die von der Firma Kalle & Co. stammenden, dem Buche beigegebenen Farbmuster ermöglichen den Praktikanten die von ihnen selbst hergestellten und zum Anfärben von Stoffen benutzten Farbstoffe mit einwandfreien Erzeugnissen der Industrie zu vergleichen. Wenn auch die Darstellung der Farbstoffe aus dem Rahmen des Schulunterrichtes so gut wie ganz herausfällt, so können bei der großen Bedeutung, die gerade der deutschen Farbstoff- und Färbereiindustrie zukommt, doch die gebräuchlichsten Färbemethoden und die verhältnismäßig einfachen Prüfungen auf Licht-, Wasch-, Regen-, Alkali- und Säureechtheit brauchbaren Stoff für die Schülerübungen abgeben. Das vorliegende Buch liefert dafür treffliches Material. *Dm.*

Gesammelte Abhandlungen. Von Prof. Dr. F. Kehrmann. Band III: Untersuchungen über Oxoniumverbindungen, Thionium- und Sulfoniumverbindungen und über Akridin- und Karbazinfarbstoffe. Leipzig 1925, Verlag von Georg Thieme. Preis brosch. RM. 27.—.

Der vorliegende dritte Band der gesammelten Abhandlungen enthält die umfangreichen Arbeiten Kehrmanns und seiner Mitarbeiter während seiner wissenschaftlichen Tätigkeit an den Universitäten Genf und Lausanne und umfassen den Zeitraum von 1895 bis 1924. In der in wissenschaftlichen Zeitschriften (Ber. d. D. Chem. Ges. usw.) üblichen Form bringen diese Originalveröffentlichungen neben allgemeinen theoretischen Vorbemerkungen ins einzelne gehende experimentelle Angaben über die Darstellung, Analyse und Eigenschaften der neu entdeckten Stoffe.

Die erste Abteilung handelt von den Oxoniumverbindungen und den damit zusammenhängenden Azoxinfarbstoffen, von denen eine größere Zahl synthetisch dargestellt wurde. Es wird der Nachweis erbracht, daß sie tertiär gebundenen basischen Sauerstoff enthalten, der in Analogie zum Azoniumstickstoff gesetzt wird. In ähnlichen Bahnen bewegen sich die Untersuchungen der II. Abteilung über Thionium- und Sulfoniumverbindungen. Sie bringen die Aufklärung über die Konstitution der Thiazinfarbstoffe und lehren Stoffe kennen, die als Azthioniumverbindungen den entsprechenden Sauerstoffverbindungen an die Seite gestellt werden können. Untersuchungen über Farbstoffe der Methylenblaugruppe schließen sich an; sie bringen u. a. auch eine als Vorlesungsversuch geeignete Synthese dieses Farbstoffes.

Akridinfarbstoffe und die sich vom Dihydroakridin ableitenden Karbazinfarbstoffe werden in der III. Abteilung behandelt. Außer einer Reihe neuer Synthesen ist der Meinungsstreit beachtenswert, der sich zwischen Hantzsch und Kehrmann über eine vermeintliche Chromoisomerie hierher gehöriger Verbindungen entwickelt hatte. *Große Kreul.*

Das rauchlose Pulver. Von Prof. Dr. H. Brunswig. 449 Seiten, mit einem Titelbilde, 52 Zahlentafeln und 67 Abbildungen im Text. Berlin und Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. Preis brosch. RM. 22.—, geb. RM. 24.—.

Als achtes Heft der von Escales begründeten Sammlung „Die Explosivstoffe" liegt nunmehr der stattliche Band von Brunswig über das rauch-

lose Pulver vor. Er stellt sich als eine umfangreiche und grundlegende Zusammenfassung alles dessen dar, was auf diesem wichtigen Gebiete an theoretischen und namentlich praktischen Erkenntnissen gewonnen worden ist. Für den Fachmann dürfte das Werk unentbehrlich werden; aber auch in unseren Kreisen wird es großes Interesse erwecken und reiche Anregungen geben.

Es ist ja erstaunlich, daß mehr als 40 Jahre vergehen mußten, bis es gelang, die ungeheure Energie, die bei der Explosion von Nitroglyzerin und Nitrozellulose entwickelt wird, so zu bändigen, daß sie zum Treiben von Geschossen verwendet werden konnte. Noch 1886 äußerte eine Autorität auf dem Gebiete des Schießwesens, daß noch keine Gefahr bestünde, daß das bewährte Schwarzpulver in Bälde verdrängt werde. Im Gegenteil hatten die immer schwerer werdenden Geschosse sogar die Notwendigkeit gezeigt, die Verbrennungsgeschwindigkeit selbst des alten Schwarzpulvers herabzusetzen. Und so ist auch das Problem, aus den inzwischen in größerer Zahl bekannt gewordenen Estern der Salpetersäure und den Nitroverbindungen ein Schießpulver herzustellen, in die Aufgabe übergegangen, Einfluß auf die Zersetzungsgeschwindigkeit dieser Stoffe zu gewinnen. Hier wurden Errungenschaften der jungen Kolloidchemie von größter Bedeutung, als man die kolloidale Natur der mit Lösungsmitteln veränderten Nitrozellulose und ihrer Mischungen mit Nitroglyzerin erkannt hatte. Kolloidchemische bezw. physikalische Probleme durchziehen daher den ersten Teil, der sich mit dem Aufbau des rauchlosen Pulvers und seiner Herstellung beschäftigt. Weiteren Fortschritt in der Entwicklung des rauchlosen Pulvers brachte die Erkenntnis, daß die explosionsfähigen Stoffe weder für sich allein noch in Mischung miteinander überhaupt imstande waren, allen Anforderungen zu entsprechen, die an ein brauchbares Pulver gestellt werden mussten. So konnte z. B. nur durch Zusatz gewisser Fremdstoffe — der Stabilisatoren — eine genügende Lagerbeständigkeit erreicht werden; andere Zusätze mussten gefunden werden, um die den Schuß begleitenden Umwandlungen (Mündungsfeuer, Ausbrennungen usw.) in erwünschtem Maße zu beeinflussen.

Der zweite Teil des Buches befaßt sich mit der Arbeit des rauchlosen Pulvers und bringt zunächst interessante Vergleiche zwischen der in einem Explosionsstoff und in anderen bekannten Energiequellen aufgespeicherten Fähigkeit zur Arbeitsleistung. Die explosiven Stoffe sind ihnen allen überlegen, sei es — wie den langsam und allmählich abbrennenden Heizstoffen gegenüber — durch die ungeheure Geschwindigkeit des Zerfalls, oder — mit den explodierenden Gasgemischen verglichen — durch die ungewöhnliche Energiedichte. Selbst Knallgas besitzt im verflüssigten Zustand noch nicht $^2/_3$ der Energie eines nitroglyzerinhaltigen gelatinierten Pulvers. Leider ist es bisher noch nicht gelungen, von dieser gewaltigen Energiemenge des rauchlosen Pulvers mehr als 33% auf das bewegte Geschoß zu übertragen. Der größte Teil geht in Form von Wärme, Energieinhalt der Luftwellen usw. verloren. Hier liegt die Möglichkeit eines weitgehenden Fortschrittes der Ballistik. Im übrigen hängt die Arbeitsleistung eines Pulvers von einer ganzen Reihe von Bedingungen innerer und äußerer Natur ab, die nun unter Beifügung eines reichen Materials an Kurven und Tabellen dargestellt werden. Von wesentlichstem Einfluß ist der physikalisch-chemische Zustand des Pulvers; ja es wird die Arbeit des Pulvers geradezu als eine Funktion seines kolloidalen Zustandes aufgedeckt.

Stoffe von derartiger Energiekonzentration auf kleinstem Raume, deren Energie dazu noch durch geringfügige Ursachen freigemacht werden kann, bedürfen natürlich zu ihrer Anwendung einer eingehenden Prüfung und sachgemäßen Behandlung. Und so bringt der dritte Teil des Buches eine ausführliche Darstellung der physikalischen und chemischen Prüfungsmethoden, wie die Wissenschaft sie ersonnen und die Praxis sie als notwendig erkannt hat; Methoden, die aber natürlich durch die ballistische Prüfung des Pulvers in der Waffe ihre notwendige Ergänzung finden. Sicherheitsvorschriften bei der Herstellung und Anwendung, eine Zusammenstellung der gesetzlichen Vorschriften und Verordnungen runden das Bild vom rauchlosen Pulver ab.

Der flüssige Stil des Verfassers macht die Lektüre des inhaltsreichen Buches angenehm, die äußere Ausstattung in Papier, Druck und Abbildung paßt sich dem Inhalt würdig an. Ein ausführliches Verzeichnis der einschlägigen Literatur sowie der maßgebenden Patente wird allen denen angenehm sein, die durch das Buch angeregt, sich Spezialstudien auf diesem Gebiete widmen wollen. *Große Kreul.*

Maschinenkunde für Chemiker. Von Hugo Krause. Braunschweig 1926, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Akt. Ges. 436 Seiten mit 476 Abb. Preis geb. RM 22.—.

Das Werk ist für den Betriebschemiker bestimmt, den es mit den in der chemischen Industrie gebräuchlichen Maschinen so weit vertraut machen will, daß er ihren Bau und ihre Arbeitsweise versteht. Das ist heute bei der stark fortschreitenden Mechanisierung der chemischen Betriebe bereits zu einer Notwendigkeit geworden, namentlich in kleineren Fabriken, die keinen Maschineningenieur neben dem Betriebschemiker haben. Dampfkesselanlagen, Kraftmaschinen, elektrische Maschinen und Anlagen, allgemeine Arbeitsmaschinen, Sondermaschinen und Apparate für die chemische Industrie werden nach Bau und Wirkungsweise anschaulich beschrieben und durch Abbildungen dargestellt. Der Schlußabschnitt behandelt auf 140 Seiten die Maschinenelemente, wie Achsen und Wellen, Kupplungen, Lager, Zahnräder und Riementrieb, Kolben und Kolbenstangen, Kurbeltrieb, Absperrvorrichtungen usw. nach ihrer Konstruktion und Berechnung.

Dem Chemielehrer gibt das Buch die Möglichkeit, sich schnell über die Maschinen und Apparate zu unterrichten, die er bei Besichtigungen chemischer Betriebe zu sehen bekommt, und nach deren Bau und Wirkungsweise ihn die Schüler nicht selten fragen. *Dm.*

Der Bau der Atome und das periodische System. Von IVAN KOPPEL. Leipzig 1926, Verlag Leopold Voß. 174 Seiten mit 47 Abbildungen im Text. Preis geb. RM 10.50.

Die Schrift ist aus Vorlesungen an der Universität Berlin hervorgegangen, und will die Studierenden der Chemie gründlicher in die neuere Atomistik einführen, als dies durch die gemeinverständlichen Darstellungen meist geschieht. Dabei stellt sie hinsichtlich der mathematischen Vorbildung des Lesers geringere Anforderungen als die grundlegende SOMMERFELDsche Schrift, setzt aber die Fähigkeit, Differentialgleichungen zu lösen voraus, und nimmt sehr geschickt auf die Vorbildung, Denk- und Arbeitsweise des Chemikers Rücksicht. — Der Verfasser geht nach einer kurzen Darstellung der klassischen Atomistik zu den radioaktiven Erscheinungen über, behandelt dann Isotopie und Elementbegriff, Röntgenspektren, Atombau und periodisches System, optische Spektren, Quantentheorie und Bau der Elektronenhülle. An die Beschreibung der grundlegenden Experimente schließen sich die theoretischen Betrachtungen und Berechnungen zwanglos an und vermitteln dem Chemiker eine tiefere Einsicht in die mathematisch-physikalischen Zusammenhänge; dabei geht die Schrift bis zur Berechnung der Ellipsenbahnen beim Wasserstoff nach BOHR und SOMMERFELD vor. — Die KOPPELsche Einführung dürfte allen Lehrern der Chemie willkommen sein, die einfachere mathematische Ableitungen nicht scheuen, denen aber für die Durcharbeitung des SOMMERFELDschen Buches die mathematischen Grundlagen fehlen. *Dm.*

Ambronn-Festschrift der kolloidchemischen Beihefte, herausgegeben von A. FREY und WO. OSTWALD, Dresden 1926. Theodor Steinkopf. 376 S.

Im Gegensatz zur verwirrenden Fülle der Probleme in den sonstigen Heften einer reinen Fachzeitschrift pflegt eine Festschrift ein Hauptthema immer wieder anklingen zu lassen: das Lebenswerk des Gefeierten. Dieses kurz zu skizzieren, erscheint mir an dieser Stelle wertvoller als ein Aufzählen der in über 2 Dutzend Beiträgen niedergelegten wissenschaftlichen Einzelarbeit.

Die Kolloidchemie hat in ihrer Jugend vorwiegend die für Sole geltenden Gesetzmäßigkeiten erforscht, und während diese schon auf viele Gebiete der Wissenschaft und Praxis reich lohnende Anwendung fanden, blieben die Gele zum großen Teil noch im Dunkeln, obwohl gerade dazu kolloide Systeme von praktischer Bedeutung gehören; es seien nur die Faserstoffe, Stärke, Kollagen und Kautschuk genannt. An der Aufhellung dieses Gebietes hat der Siebzigjährige reichen Anteil.

Ursprünglich Botaniker — knüpfte AMBRONN an NÄGELIS Micellartheorie an, und er hat diesen bei seinem Eingreifen bereits 30 Jahre alten Anschauungen unentwegt die Treue gehalten, unbeeinflußt vom Wechsel der wissenschaftlichen Tagesmeinung. Nach wiederum fast 30jähriger Arbeit war es ihm vergönnt, seiner Ansicht zum Siege zu verhelfen, gerade noch ehe die Röntgenspektroskopie ihm die Pointe seines stillen Schaffens vorwegnehmen konnte. Der 60jährige Streit ging zuletzt nicht mehr um das Dasein der „Micellen" — wir würden heute wohl „Submikronen" sagen —, sondern um ihre Anisotropie, ihr Raumgittergefüge. NÄGELI hatte diese aus der in verschiedenen Richtungen verschiedenen Quellbarkeit bereits postuliert, AMBRONN suchte sie mit dem Polarisationsmikroskop zu beweisen. Die geformten Gele sind alle und die ungeformten wenigstens im Dehnungszustand doppelbrechend, was übrigens auch mit Schulmitteln zu demonstrieren ist. Für „amorphe" Stoffe ist das aber ein abnormes Verhalten, für das AMBRONNS Gegner Spannungen (wie bei Glas) oder Parallelorientierung gestreckter, an sich aber isotroper „Micellen" (wie bei gedehnten Gelen) verantwortlich zu machen suchten. In seinen grundlegenden Arbeiten (Kolloid-Zeitschrift 1916/17) gelang AMBRONN der entscheidende Beweis, daß der optische Effekt durch Überlagerung einer „Eigendoppelbrechung" der Micelle von einer meist viel stärkeren „Stäbchendoppelbrechung" — von der Anordnung der Micellen herrührend — zustande kommt. Durch Imbibition mit einer Flüssigkeit, deren Brechungsexponent gleich dem der Micelle ist, mußte diese vernichtet werden, so daß jene allein übrig blieb — das war der siegende Gedanke.

Seitdem ist nun das Raumgittergefüge der Micelle auch durch Röntgenstrahlen[1]) überall einwandfrei nachgewiesen worden, ja manche der fraglichen Stoffe hat man zu makroskopischen quellbaren Kristallen (Celluloseester u. a.) züchten gelernt, so daß heute die Streitfrage als in AMBRONNS Sinne gelöst zu betrachten ist. Zumal ja auch in Solen der Gitterbau der „Micellen" teilweise nachgewiesen werden konnte, z. B. an Goldsolen.

Damit ist — das scheint uns prinzipiell wichtig — eine neue Etappe auf dem Wege zur Erkenntnis des festen Zustandes gewonnen. Und man könnte sich wohl fragen, ob es nicht an der Zeit ist, daß auch wir — wenigstens auf der Oberstufe — die Begriffe fest-flüssig, deren alltäglicher Inhalt in der Naturwissenschaft längst verloren ging, ersetzen durch kristallisiert-amorph. Natürlich müßte dann auch experimentell auf der einen Seite der oft minimale Widerstand des Gittergefüges gegen Deformation

[1]) Diese zeigt nur bei Kautschuk abweichendes Verhalten: ungedehnter Kautschuk zeigt keine Interferenzen, erst beim Dehnen erfolgt die Gitterbildung.

(Metalle, Wachs), auf der andern Seite die mögliche Starrheit von Flüssigkeiten (Glas) gezeigt werden. Zur Orientierung über die immer noch große Fülle der Probleme und Meinungen sei auf folgende Aufsätze der „Naturwissenschaften" verwiesen: 1924, 269/296; 1924, 955; 1925, 690; 1925, 403; 1926, 435. *M. Schneider,* Plauen.

Maschinen zum Bedrucken von Textilstoffen. Band II, Garndruck, Zeugdruck, Tapetendruck. Von Henri Silbermann. 198 S., 200 Abbildungen. Leipzig 1926, Dr. Max Jänecke. Preis geb. RM 13.90.

In Ergänzung eines im Jahre 1913 von demselben Verfasser erschienenen Werkes behandelt der vorliegende II. Band unter Benutzung der einschlägigen Patente der Jahre 1913—1925 die Fortschritte auf dem Gebiete der Maschinen zum Bedrucken von Textilstoffen. Die zum Bedrucken von zusammenhängenden Faserstoffbahnen (wie Gewebe, Tuch, Tapeten) bestimmten Konstruktionen erfahren eine besonders eingehende Behandlung im Text, der auch hier durch einen Anhang mit 200 klaren und sehr sauber ausgeführten Abbildungen eine wertvolle Ergänzung findet. *Große Kreul.*

Lehrbuch der Mineralogie. II. Spezielle Mineralogie. Von Paul Niggli. Unter besonderer Mithilfe von Dr. L. Weber. 2. Auflage. Mit 330 Figuren im Text. Berlin 1926, Gebr. Bornträger. XVI. und 697 S., geh. RM 30.—.

Wie die Menschen, so haben die Lehrbücher ihre Jugend, ihre Reife und ihre Verfallszeit, so werden die alternden Bücher durch neue, zeitgemäßere ersetzt. Auch das beste, für seine Blütezeit vollkommenste Lehrbuch kann durch Umarbeitung nicht das werden, was ein neuer Wurf, eine von Grund aus neue Schöpfung für eine neue Generation von Lernenden bedeutet. Sind nun gar Umwälzungen in den allgemeinen Grundlagen der naturwissenschaftlichen Erkenntnis eingetreten, wie sie die letzten Jahrzehnte gebracht haben, so muß ein Lehrbuch, das diesen Umwälzungen in vollem Umfange Rechnung trägt, selbst als eine Umwälzung aller bisherigen Überlieferung erscheinen.

Wer den ersten Band von Nigglis Lehrbuch der Mineralogie kennt, weiß, daß dieses Buch eine solche revolutionäre Erscheinung ist. Ich habe hier nur den zweiten Band, die spezielle Mineralogie zu besprechen, der auch schon in zweiter Auflage vorliegt. Er kann ohne das genaueste Studium des ersten Bandes, der die allgemeine Kristallographie und Mineralogie enthält und die im zweiten Band durchweg angewandten Projektionsmethoden anwendet, nicht verstanden werden. Doch die Kenntnis dieser Methoden ist ja heute ohnehin ein unabweisbares Erfordernis für das Studium, und so ist nur noch hervorzuheben, worin die übrigen Neuerungen des Werkes bestehen. Einmal ist die Auswahl der Mineralien so getroffen, daß auf Anführung der seltensten Arten und Gruppen verzichtet wird; dann sind die beschriebenen Mineralgruppen so ausführlich behandelt, daß das Gegebene als Grundlage für mineralogische Practica dienen kann; vor allem aber ist das Mineralreich nicht, wie in allen anderen Lehrbüchern, nach dem chemischen System geordnet, sondern Niggli hat die Gruppen nach kristallographischen Gesichtspunkten gebildet und nur eine kurze Übersicht des chemischen Systems vorausgeschickt. Drei Arten von Abbildungen begleiten in reicher Menge die Darstellung: die schon erwähnten Projektionen, dann zahlreiche Habitusbilder, in Anlehnung an den großen Kristallatlas von V. Goldschmidt, und mikroskopische Bilder verschiedener Art. Die Angaben über das Vorkommen und die Entstehung der behandelten Mineralien sind nur vorläufige; sie werden in dem dritten und letzten Band im Zusammenhang behandelt werden. „Die Lehre von der Bildung und Vergesellschaftung der Mineralien ist von so großer Bedeutung, daß sie in anschaulicher Weise nur als Ganzes und für sich behandelt werden darf, nachdem die Kenntnisse der allgemeinen Gesetzmäßigkeiten und der individuellen Mannigfaltigkeit erworben sind".

Es ist keine Frage, daß das große Werk Nigglis das Studium der Mineralogie mit einem Ruck auf ein Niveau gehoben hat, unter das das Hochschulstudium künftig nicht mehr wird herabgehen dürfen. Das Buch stellt an den Leser hohe und höchste Anforderungen, aber wer sich von dem Stand der Forschung ein Bild machen will, muß zu diesem Werke greifen, das für die nächsten Jahrzehnte maßgebend sein wird. *J. Ruska.*

Tabellen zur allgemeinen und speziellen Mineralogie. Von Paul Niggli. XVI u. 300 S. Berlin 1927, Gebr. Bornträger. Geb. RM. 9.30.

Der Verfasser des berühmten Lehrbuches der Mineralogie hat für den praktischen Gebrauch bei Mineralbestimmungen ein Tabellenwerk geschaffen, das an Reichhaltigkeit und Genauigkeit alle früheren ähnlichen Versuche weit überragt. Das Buch enthält die erforderlichen Diagramme zur modernen Kristallographie, dann Bestimmungstabellen nach den Kristallsystemen mit zahlreichen Habitusbildern der wichtigeren Mineralarten und Tabellen zur Bestimmung nach physikalischen Kennzeichen und natürlichen Mineralgesellschaften, schließlich ausführliche Tabellen zur optisch-mikroskopischen Bestimmung der Gesteinsgemengteile. Obwohl es reichlich viel ist, was man nach des Verfassers Ansicht wissen muß, wenn man sich ernstlich mit Mineralogie beschäftigt, so hätte ich doch gern auch Tabellen über Lötrohranalysen in dem Werk gefunden. Daß die Mineralogie als „zentrale" Naturwissenschaft bezeichnet wird, nachdem eine Zeit lang recht abschätzige Urteile über diese schöne Wissenschaft von den Steinen Kurs gehabt haben, freut den alten Freund der Mineralogie und der Kristallwelt ganz besonders. *Julius Ruska.*

Anleitung zur Bestimmung von Mineralien. Von N. M. Fedorowski. Übersetzung der letzten (zweiten) russischen Auflage. Mit 15 Textabbildungen. VIII, 136 Seiten. Berlin 1926, Verlag Julius Springer. Preis kartoniert RM 7.50.

Der Verfasser hält die bekannten Anleitungen zum Bestimmen von Mineralien, die nach der Härte, Farbe, Schmelzbarkeit gruppieren, für unzulänglich und legt seiner Anleitung die chemischen Kennzeichen zugrunde, die er für die wichtigsten hält. Lötrohr und Boraxperle sind wie bei Plattner die Haupthilfsmittel. Die kleine Anleitung enthält zahlreiche recht praktische Winke für Lötrohrversuche; für Mineraluntersuchungen in chemischen Schülerübungen kann sie reichlich Material liefern. *Dm.*

Führer zur Bestimmung von wichtigen Gesteinen mit einfachen Mitteln. Von Prof. Dr. Göhringer. Verlag J. Boltze G. m. b. H., Karlsruhe i. B. Preis: RM. 1.80.

Die Tabellen sollen zur Bestimmung der Gesteine nach äußeren Merkmalen ohne Zuhilfenahme des Polarisationsmikroskopes dienen. In der Tabelle 1 sind die Gesteine nach ihrer Entstehung in Eruptiv-, Sedimentgesteine und kristallinische Schiefer, in der Tabelle 2 nach einfachen und zusammengesetzten Gesteinen eingeteilt. Das Erscheinen des kleinen Führers füllt eine Lücke aus, denn bisher hat es an einer solchen Anleitung gefehlt. Wenn die Tabellen für Schulzwecke auch zu viele unwichtige Gesteinsvarietäten bringen, so wird doch mancher geologisch interessierte Schüler sie nach einiger Übung mit Erfolg benutzen können, während sie dem Lehrer, der nicht Spezialist ist, auf Exkursionen gute Dienste leisten können. *Dm.*

Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften. Von P. Groth. Mit 5 Textfiguren. Berlin 1926, Julius Springer. VI und 262 Seiten. Geh. RM 18.—, geb. RM 19.50.

Wenn ein Meister der Mineralogie am Abend seines erfolgreichen Schaffens den Blick zurückwendet auf den Weg, den seine Wissenschaft von ihren Anfängen bis zur Gegenwart zurückgelegt hat, so darf man zweierlei von solcher Rückschau erwarten: Berichtigung des Urteils über Vergangenes, also Zurückweisung unangebrachter Überschätzung und Hervorhebung verkannten Verdienstes, und Ausblick auf Künftiges, auf die Wege, die die Wissenschaft voraussichtlich einschlagen wird, auf die Probleme, deren Lösung erwartet werden darf.

Macht man sich die Auffassung des Verfassers zu eigen, daß die Mineralogie als Wissenschaft erst mit Agricola beginnt, die Kristallographie mit Stensen, oder streng genommen mit Romé Delisle, so gehört die Mineralogie wohl zu den jüngsten Naturwissenschaften. Unstreitig aber gehört sie durch ihre enge Verbindung mit der Geometrie, der Physik, der Chemie, der Geologie zu den vielseitigsten und anregendsten Zweigen der Naturkunde, und man darf hinzufügen, zugleich zu den schwierigsten und anspruchsvollsten. In der Schilderung der Geschichte der Kristallographie überzeugt uns der Verfasser, daß nicht Haüy, sondern Romé Delisle der größere Ruhm gebührt; vor allem aber sehen wir, daß der geniale Mathematiker und Physiker Franz Neumann bereits 1823 das Grundgesetz der geometrischen Kristallographie, und alle Projektionen, die später eine so große Bedeutung erlangten, ja sogar die Grundlagen der graphischen Berechnung der Kristalle entwickelt hat. Es zeigt sich hier — neben dem bekannten Beispiel von Hessel — daß ein halbes Jahrhundert vergehen kann, ehe die bahnbrechenden Gedanken eines Forschers Allgemeingut werden, die Geschichte also den Lorbeer spendet, den die Zeitgenossen aus Mangel an Einsicht zu spenden vergaßen. Wie die in Amt und Würden Ergrauten bisweilen mehr Hemmnis als Förderung der Wissenschaft sind, wie die Starrheit des Alters sich krampfhaft lieber an die eigenen Irrtümer klammert, als einen Fortschritt zugesteht oder ein neues Forschungsmittel anwendet, ist ein Kapitel, das man mit gemischten Empfindungen lesen wird.

Jeder Schulmann, der Fühlung mit der mineralogischen Wissenschaft hat, auch der Chemiker, Geologe, Physiker und Mathematiker wird mit Genuß der Darstellung folgen, die P. Groth von den Entwicklungsphasen der mineralogischen Wissenschaften entwirft, die sich immer wieder im Mineral als dem Träger der für sich erforschten räumlichen, stofflichen und physikalischen Eigenschaften zur Einheit verschmelzen. Über die Gliederung des Werks sei nur nur noch gesagt, daß es aus zwei Hauptabschnitten besteht, der Geschichte der Kristallkunde im allgemeinen, die natürlich alle Seiten der allgemeinen Kristallographie umfaßt, und der Geschichte der Mineralkunde, in der nach einem einleitenden Kapitel über Beschreibung, Systematik und Nomenklatur der Mineralien sowie einer Geschichte der Sammlungen und Institute die Schilderung der Fortschritte in der Kenntnis der Einzelmineralien, ihrer natürlichen Gruppen und ihrer Paragenese den Hauptinhalt bildet. Jedes der beiden Hauptstücke schließt mit Ausblicken auf die Zukunft; biographische Angaben über die wichtigsten Bahnbrecher auf dem durchwanderten Gebiet sind in einem Anhang zusammengestellt. *J. Ruska.*

Vereine und Versammlungen.

Bericht über die 29. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in Frankfurt a. M. vom 10. bis 14. April 1927.

Bei der Eröffnung der Versammlung im Kaisersaal des Römers wies der Vertreter der Stadt Frankfurt, Stadtrat Jasper, auf die Bedeutung hin, die eine gründliche mathematisch-naturwissenschaftliche Vorbildung in der höheren Schule neben der Pflege der idealen Güter für die Bewältigung der technischen, wirtschafts- und kulturpolitischen Aufgaben unserer Zeit besitze. Der Vertreter der Universität Frankfurt, Prof. Madelung, betonte die Wichtigkeit der Zusammenarbeit von Universität und Schule. Namens der preußischen Unterrichtsverwaltung begrüßte Ministerialrat Prof. Meizner die Versammlung mit dem Hinweise darauf, daß die Unterrichtsverwaltung zwar nicht alle Wünsche erfüllen könne, die auf den Versammlungen der Fachlehrer zum Ausdruck kämen, da sie die allgemeinen Güter zu verwalten habe, daß sie aber den Verhandlungen lebhaftes Interesse entgegenbringe und darauf bedacht sein werde, die Naturwissenschaften ihrer kulturellen Bedeutung entsprechend zu werten und zu fördern. Für die übrigen Länder sprach Ministerialrat Löffler-Stuttgart, für den Oberpräsidenten und das Provinzialschulkollegium der Provinz Hessen-Nassau Oberschulrat Zühlke-Kassel, für den preußischen Philologenverein und für den deutschen Ausschuß für Erziehung und Unterricht Oberstudiendirektor Behrend-Berlin. Der Vorsitzende des Ortsausschusses Oberstudiendirektor Hoffmann betonte in seiner Eröffnungsansprache, daß bei dieser Tagung absichtlich den naturwissenschaftlichen Fächern ein breiterer Raum gewährt sei, die bei der Neuregelung des höheren Schulwesens am stärksten gelitten hätten; ferner überbrachte er die Grüße der österreichischen Kollegen, die wegen der bevorstehenden Parlamentswahlen am Erscheinen verhindert waren.

Die Reihe der allgemeinen Vorträge eröffnete Prof. Brendel-Frankfurt a. M. durch eine Gedenkrede zum 150. Geburtstage von Gauss. Er entwarf ein anschauliches Bild von dem Entwicklungsgange und dem Charakter des großen Mathematikers, das er durch Zitate und zum Teil noch nicht bekannte Briefe vorteilhaft ergänzen konnte, und erläuterte an Beispielen seine hervorragenden Leistungen für die reine und angewandte Mathematik.

Zu dem Thema Biologie und Philosophie sprachen Geheimrat Prof. Zur Strassen und Studienrat Gräntz-Frankfurt a. M. in der allgemeinen Sitzung vor einer zahlreichen, stark interessierten Zuhörerschaft. Zur Strassen legte in jugendlicher Frische und Begeisterung, mit oratorischem Schwung, ein eindeutiges Bekenntnis zur monistisch-mechanistischen Auffassung alles anorganischen und organischen Geschehens ab, indem er die Einwände der Vitalisten von seinem Standpunkte aus zerpflückte, und machte nur Halt vor der Anwendung der Kausalität auf das menschliche Bewußtsein. Gräntz beleuchtete von seinem dualistisch-vitalistischen Standpunkte die Schwächen der monistisch-mechanistischen Lehren, forderte aber, daß die Schule davon absehen müsse, eine Weltanschauung zu lehren; ihre Aufgabe bestehe darin, nur gewisse Grundlagen für das philosophische Verständnis zu schaffen. Die Biologie solle eine Lehre vom Wesen des Lebens geben im Sinne Herders und Goethes.

Die weiteren allgemeinen Vorträge betrafen die praktische Bedeutung der Naturwissenschaften für Leben und Wirtschaft. Dipl.-Ing. C. Weihe-Frankfurt a. M. sprach zuerst zu diesem Thema. Die geistige Zucht, die durch die naturwissenschaftliche Schulbildung erzielt wird, ist das unentbehrliche Gegengewicht gegenüber dem begrifflichen Denken des sprachlichen Unterrichts. Der heutige Techniker muß auch die künstlerischen, ethischen und philosophischen Probleme seines Arbeitsbereiches mit umfassen, die sozialen und kulturellen Aufgaben seines Berufes verstehen und seine Arbeit als Kulturaufgabe sehen, damit nicht jene Miesmacherei und Verekelung der Arbeit der Technik Platz greift, die in Schlagworten wie „der Fluch der Maschine“ oder in dem von maßlosen Übertreibungen der Schattenseiten der Technik strotzenden Metropolis-Film zum Ausdruck kommt. Die Technik ist nicht nur Wissenschaft, sie ist auch schöpferischer Geist und Ausdruck eines Willens zum Schaffen. Der künftige Techniker, der sehr viel Naturwissenschaften gebraucht, muß daher schon auf der Schule eine gute naturwissenschaftliche Vorbildung erhalten, und die Schule muß dabei auf das praktische Leben Rücksicht nehmen. Die Schullehrbücher dürfen nicht 50 Jahre hinter der heutigen Technik zurück sein. Die Lehrer der Naturwissenschaften sollten einige Semester auf der technischen Hochschule studieren.

Direktor Specketer-Griesheim gab einen kurzen Überblick über die wichtigsten Prozesse aus der chemischen Großindustrie und zeigte die aus den modernen Schullehrbüchern bekannten Lichtbilder dazu. — Der bekannte Gerichtschemiker Prof. Popp-Frankfurt a. M. wußte die Versammlung an der Hand von Lichtbildern durch eine Reihe interessanter kriminalistischer Fälle zu unterhalten, zu deren Aufklärung neben kriminalistischem Scharfsinn chemische und physikalische Untersuchungsmethoden beigetragen haben. Vorträge über die Schädlingsbekämpfung im Obst- und Weinbau, über die Anwendungen

der Physik in der Heilkunde und über die biologischen Wirkungen der Radium- und Röntgenstrahlen ergänzten das Bild von der praktischen Bedeutung der Naturwissenschaften.

In der chemisch-physikalischen Fachsitzung führte Prof. MEISSNER-Frankfurt a. M. im Anschluß an seinen Vortrag über „Neuere Ergebnisse der Atomforschung" grundlegende Versuche zu diesem Thema vor. Prof. FR. MAYER-Frankfurt a. M. sprach über echte Farbstoffe und ihre Anwendungen und demonstrierte die wichtigsten Färbemethoden mit besonderer Berücksichtigung der grundlegenden Vorgänge beim Färben, die auch für den chemischen Unterricht in Frage kommen. Prof. WULF-Valkenburg (Holland) erläuterte sein Universalelektroskop an einer Reihe von Versuchen, die er z. T. bereits in dieser Zeitschrift veröffentlicht hat (38, 217; 1925). HEUSEL-Gießen zeigte wie sich an rotierenden Spiralen und ihrem Projektionsbild die Beziehung $c = \lambda n$ erläutern läßt. Prof. LINKE-Frankfurt a. M. legte die volkswirtschaftliche Bedeutung der Meteorologie an Beispielen dar, und VOIGTS-Lübeck umriß die Mindestforderungen, die an einen neuzeitlichen Unterricht in der Meteorologie auf der Schule zu stellen seien. HOFFMANN-Barmen beschrieb das Zeiß-Planetarium der Stadt Barmen und zeigte, wie es für die Schule nutzbar gemacht werden kann, und DRENCKHAHN-Bremen führte neue Apparate zur Demonstration von Versuchen zur Strömungslehre vor, die von Dipl.-Ing. BÖRING-Bremen konstruiert worden sind.

In der mathematischen Fachgruppe sprach Prof. EPSTEIN-Frankfurt a. M. über den Begriff der Strenge im mathematischen Unterricht. Er führte aus, daß im Schulunterricht die abstrakte Strenge der heutigen mathematischen Wissenschaft nicht in Frage kommt, daß dieser vielmehr die Anschaulichkeit beibehalten, seine Beweise aber lückenlos und einwandfrei durchführen und bei dem Schüler allmählich das Bedürfnis nach Strenge immer mehr wecken müsse. In der Besprechung wies DRENCKHAHN-Bremen darauf hin, daß der Grad der Strenge sich der geistigen Reife der Schüler anpassen müsse, wenn die Schulmathematik jugendgemäß bleiben solle. — SCHÜLKE-Königsberg trat im Sinne des Erlanger Programms für die Verwendung linearer Transformationen im Geometrieunterricht ein, die eine Zusammenfassung nach größeren Gesichtspunkten ermögliche und eine Vereinfachung bedeute. EBNER-Berlin sprach über die Einordnung der darstellenden Geometrie in den mathematischen Schulunterricht. BALSER-Darmstadt erläuterte an Beispielen die Einführung in die Kartenprojektionslehre und zeigte ein Drahtmodell des Gradnetzes der nördlichen Halbkugel mit seinen ineinander überführbaren Schattenprojektionen und Kegelschnitten.

In der biologischen Fachsitzung demonstrierte WIMMER-München neuere Anordnungen für Mikroprojektion im Unterricht, OTTO-Berlin sprach über den Biologie-Unterricht auf der Unter- und Mittelstufe, PRÖBSTING-Weidenau über die Biologie auf der Oberstufe und in der Reifeprüfung der preußischen Realanstalten. Im Anschluß an diese Vorträge der biologischen Fachgruppe wurde eine Entschließung gefaßt, die sich gegen den alterierenden Unterricht in den Naturwissenschaften und die völlig unzureichende Stundenzumessung in der Biologie richtet.

An Stelle von Prof. VON BRAUN berichtete HANS WOLF, Assistent am chemischen Institut der Universität Frankfurt, über die praktische Ausbildung der Bewerber für das höhere Lehramt in Chemie, deren Zahl durch die schlechten Beschäftigungs-Aussichten der Chemiker in der Industrie gegen früher erheblich zugenommen habe. Die Studierenden der Chemie für das höhere Lehramt erhalten in etwa 3 bis $3^1/_2$ Semestern eine von der Ausbildung der künftigen Chemiker z. T. abweichende praktische Anleitung, bei der qualitative Analyse und Maßanalyse stärker betont werden als Gewichtsanalyse und präparative Chemie, die sich nur auf eine Auswahl wichtiger, besonders technisch bedeutungsvoller Stoffe aus der anorganischen und organischen Chemie beschränken. Daneben finden Übungen in schulmäßigen Vorträgen mit Demonstrationsversuchen statt. In der Aussprache wurde die besondere Förderung, die die Universität Frankfurt den Lehramtsbewerbern für die Chemie angedeihen läßt, freudig begrüßt und als nachahmenswert bezeichnet; doch wurde eine auf 3 bis $3^1/_2$ Semester beschränkte praktische Ausbildung von allen Diskussionsrednern für unzureichend erklärt, weil die Studierenden in dieser kurzen Zeit unmöglich die praktische Vorbildung erwerben können, die sie befähigt, den heutigen auf Arbeitsunterricht aufgebauten Chemieunterricht auf den höheren Schulen mit Erfolg zu erteilen. Unter anderem wurde eine gründlichere Vorbildung in der physikalischen Chemie gefordert.

An den pädagogischen Akademien steht für Mathematik und Naturwissenschaften in Übungen und Vorlesungen nur sehr wenig Zeit zur Verfügung, wie FETTWEISS-Bonn und BROHMER-Kiel berichteten. Auf Vorschlag von UMLAUF-Hamburg wurde aber davon abgesehen, bestimmte Forderungen hinsichtlich einer stärkeren Berücksichtigung der genannten Fächer aufzustellen, da man den Akademien im Rahmen ihrer heutigen Studienpläne zunächst einmal Zeit zu ihrer Entwicklung lassen müsse.

In den Räumen der Universität bot eine von den meisten bekannten Firmen reich beschickte Lehr- und Lernmittelausstellung in Verbindung mit Vorführungen von neuen Apparaten und Versuchsanordnungen Gelegenheit, Altes und Neues zu sehen und zu kaufen. Die Ausstellung der Sachsenhäuser Oberrealschule zur Geologie der Heimat von Prof. REUBER wird auf die geologisch inter-

essierten Fachgenossen anregend wirken. Die Mathematiker wurden durch eine Ausstellung seltener Werke und Erstdrucke aus den Beständen der Stadtbibliothek erfreut (Euklid, Archimedes, Diophant, Koppernikus, Vieta, Kepler u. a.).

Frankfurt und seine Umgebung bieten schon ohne äußeren Anlaß Sehenswertes in reichem Maße; den Versammlungsteilnehmern war aber überdies noch eine Fülle von Gelegenheiten zur Befriedigung ihres Schauens- und Wissensdranges geboten, z. B. geologische Exkursionen in das Mainzer Becken und in den Taunus unter sachkundiger Führung, die Besichtigung der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron und der Höchster Farbwerke, der Buderus-, Röchling- und Leitzwerke in Wetzlar, der Saalburg, des geophysikalischen Observatoriums auf dem kleinen Feldberg und zahlreicher anderer sehenswerten Stätten der Arbeit, der Kunst und der Natur.

Als Tagungsort für die nächstjährige Hauptversammlung wurde Stuttgart gewählt. *Dm.*

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Bericht über die Vereinstätigkeit im 33. Vereinsjahre (Schuljahr 1926—1927).

A. Vorträge.

9. Oktober 1926: Hauptversammlung.

30. Oktober 1926, Prof. Dr. Rudolf Beranek: Koppelung schwingender Spulfedern als Schülerübung. Fortschritte der Bildfunktechnik.

3. November 1926, Prof. Dr. Hans Petterson: Die Zertrümmerung des Atoms.

6. November 1926, Dr. Otto Myrbach: Einige neue Forschungsergebnisse über kosmische Wettereinflüsse.

27. November 1926: Gedenkfeier für den verstorbenen o. ö. Univ.-Prof. Hofrat Dr. Ernst Lecher, Ehrenmitglied und langjähriger Obmann des Vereins.

4. Dezember 1926, Prof. Dr. Otto Dobrowolny: Physikalische Schülerübungen im Rahmen des obligaten Unterrichtes.

18. Dezember 1926, Prof. Dr. Oswald Thomas: Die Weltenskala (ein Vorschlag zur Normierung der Verhältnismaßstäbe in Physik und Astronomie.)

8., 15., 22. und 29. Jänner 1927: Glaskünstler, Lektor der Technischen Hochschule in Wien Karl Woytacek: Demonstrationsvortragsreihe über die für den Physik- und Chemielehrer wichtigsten glastechnischen Arbeiten.

7. und 14. Jänner 1927, Prof. Dr. Rudolf Schmid: Radioaktivität und Atombau.

21. Jänner 1927, Prof. Heinrich Pabisch: Die Entwicklung der Chemie als Wissenschaft bis Robert Boyle (Feier des 300. Geburtstages R. Boyles.)

5. Feber 1927, Dr. Otto Meier: Elektrische Schürfung.

19. Feber 1927, Prof. Dr. Karl Ippisch: Demonstrationsversuche über elektrische Flammenleitung und Glüh-Elektronen.

26. Feber 1927: Dr. Franziska Seidl: Über Messungen hoher Temperaturen.

5. März 1927, Prof. Dr. Rudolf Schmid: Das Zelenysche Elektroskop. Das Schulkino „Bol-Cinegraphe".

12. März 1927, Glaskünstler Karl Woytacek: Demonstrationsvortrag über die Herstellung des Thermometers.

19. März 1927, Inspektor Karl Langer: Versuche mit dem Thomsonschen Schwingungskreis, Resonanzwirkungen und Teslaströme, Lichterscheinungen in Vakuumapparaten.

23. März 1927, o. ö. Univ.-Prof. Dr. Gustav Jäger: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen.

2. April 1927: Kraus-Feier zur Erinnerung an die verstorbenen Vereinsgründer Reg.-Rat Konrad Kraus und Direktor Dr. J. Kraus. Vorführung von Schul- und Schülerversuchen mit einfachen Mitteln durch die Vereinsmitglieder Gustav Grüneis, Leopold Dobrowolny, Josef Kurt, Franz Mollik, Paul Koller, Josef Deisinger.

9. April 1927, Direktor Ing. Ernst Roller: Flettners Ruder und Rotor.

23. April 1927, Dr. Fritz Bräutigam: Über moderne optische Metalluntersuchungen. Demonstration des großen Metallmikroskopes der Firma C. Reichert.

28. April 1927, Glaskünstler Karl Woytacek: Demonstrationsvortrag über die Herstellung der Fieberthermometer und Thermometer für besondere Zwecke.

30. April 1927, Schulrat Josef Deisinger: Schülerversuche auf der Mittelstufe.

7. Mai 1927, Dr. Leopold Pechinger: Aus der Physik der Metalle. — Die Methode der Metallographie und ihre wichtigsten Ergebnisse.

13. Mai 1927: Vorführung des Industrie- und Lehrfilms „Die Bleistift-Erzeugung" der Kohinoor-Bleistiftfabrik L. & C. Hardtmuth.

14. und 21. Mai 1927, Dr. Franziska Seidl: Elektrizitätsleitung in kristallisierten Stoffen und Kristallen. — Experimente aus verschiedenen Gebieten der Physik.

24. Mai 1927, Geschäftsleiter der Firma C. Zeiß Richard Bensmann: Das Wiener Planetarium.

28. Mai 1927, Dr. Gustav Ortner: Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Spektroskopie langwelliger Röntgenstrahlen mit besonderer Berücksichtigung des Überganges zur Ultraviolett-Spektroskopie.

B. Exkursionen.

9. und 10. November 1926: Ausstellung für Optik und Feinmechanik, Wien 9.

29. November 1926: Ankerbrotfabrik, Wien 10.

18. Feber 1927: Apollowerk (Kerzen-, Seifen- und Glyzerinfabrik) der G. Schicht A. G., Wien 11.

1. April 1927: Technische Einrichtungen des Eichdienstes des Bundesamtes für Eich- und

Vermessungswesen. Österreichische Urmaße, Wien 16.

11. Mai 1927: Österreichische Nähmaschinenfabrik Rast & Gasser, Wien 17.

Obmann des Vereins: o. ö. Univ.-Prof. Hofrat Dr. Gustav Jäger; Stellvertreter: Direktor Dr. Karl Bruno und Studien-Rat Friedrich Brandstätter. Geschäftsführer: Prof. Karl Müllner (Wien 4, Schelleingasse 39/10.)

Hauptschriftleiter der Vereins-Zeitschrift „Physik und Chemie“: Prof. Dr. Rudolf Beranek (Wien 6, Amerlingstraße 6).

Aus Werkstätten.

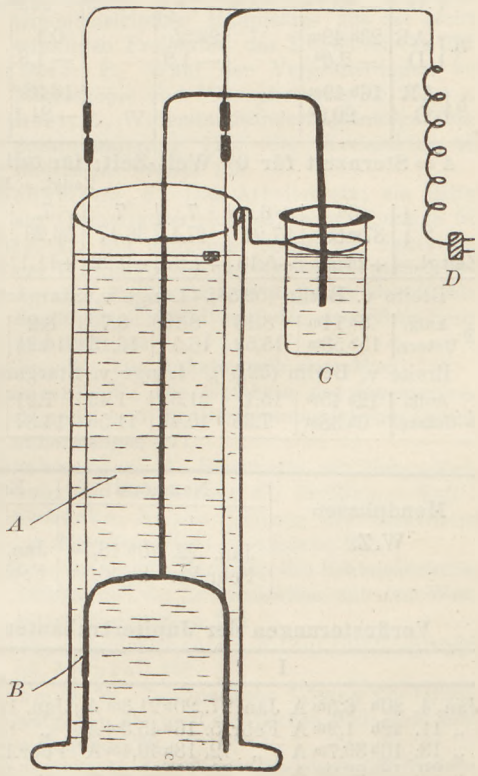
Ein neuer Knallgas-Apparat.

Von Dr. Robert Mand in München.

Auf Grund eingehender wissenschaftlicher Untersuchungen wurde ein neuer Knallgas-Apparat konstruiert, welcher Billigkeit mit einfachster Anwendung und vollkommener Sicherheit verbindet. Er ist durch einfaches Anstecken an eine Lichtleitung von 110 oder 220 Volt (Gleichstrom oder mit Hilfe eines Aluminium-Gleichrichters auch bei Wechselstrom) in Betrieb zu setzen und erzeugt in lebhaftem Gasstrom dauernd Knallgas, das durch Seifenlösung geleitet wird. Die Seifenblasen können gefahrlos ohne Unterbrechung der Elektrolyse entzündet werden, und zwar je nach 1 bis 2 Minuten. Dabei braucht der Apparat z. B. bei 220 Volt Wechselstrom nur etwa 1/1000 Amp.

Der Apparat ist — wie aus nebenstehender Skizze ersichtlich — auf das Einfachste ausgebaut. In einem Zylinder befindet sich eine als Gabelrohr ausgebildete Gaszelle, in welche 2 Nickelelektroden gasdicht eingeführt werden. Dadurch wird ein sehr kleiner Gasraum, der beiderseits offen ist, erreicht. Gleichzeitig ermöglicht die Einrichtung leicht Beobachtung der elektrolytischen Vorgänge, Bildung der doppelten Menge Wasserstoff, leichte Oxydation der Anode (Nickelperoxyd), Blankbleiben der Kathode, Wirkung der Umkehrung der Stromrichtung durch Umschalten der Anschlüsse. Durch die kleine Gaszelle wird nach wenigen Minuten reines Knallgas erzeugt. Durch eingehende Versuche wurde festgestellt, daß bei Einhaltung der dem Apparat beigegebenen Gebrauchsvorschrift ein Rückschlagen des Knallgases in die Gaszelle ausgeschlossen ist. Dabei wurde der Apparat Knaben von 10 bis 14 Jahren selbständig überlassen. Würde jedoch die Vorschrift außer acht gelassen werden, so würde ein Rückschlagen der Flamme in die Gaszelle bei deren kleinem Volumen und der Wasserkühlung in dem beiderseits offenen Rohr vollkommen gefahrlos verpuffen. Es sei daran erinnert, daß Knallgas in einem offenen Proberöhrchen entzündet werden kann, wie dies bei Füllung von Apparaten mit Wasserstoff allgemein als Probe auf Abwesenheit von Luft dient.

Die besonderen Vorteile des Apparates sind: billige Ausführung insbesondere durch Verwendung von Nickelelektroden an Stelle von Platin, Vermeidung ätzender Chemikalien durch Anwendung verdünnter Sodalösung, beiderseits offener, kleiner Gasraum, daher vollkommen explosionssicher, rasche Bildung reinen Knallgases, einfacher Anschluß an jede Lichtleitung ohne Zwischenschaltung eines Widerstandes, geringer Stromverbrauch, Abbrennen der Seifenblasen ohne Unterbrechung der Elektrolyse,



leichte Beobachtung der elektrolytischen Vorgänge.

Um den Apparat, der durch Patentanmeldungen im In- und Ausland geschützt ist, billig herstellen zu können, wird er auch als Spielzeug unter dem Warenzeichen: „Peng Peng, 1000 Schuß aus Wasser“ von der Firma Peng-Peng-Vertrieb, München 12, in den Handel gebracht, die auch gern alle Fragen beantwortet.

Der Apparat ist durch alle einschlägigen Geschäfte zu beziehen zum Preise von RM. 5.—. Für Schulen wird der Apparat mit besonderer Ermäßigung geliefert.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1928.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. Zeit Greenwich. 0^h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. M. E. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1^h.

W. Z. 0^h		Januar 1	6	11	16	21	26	31	Februar 5	10	15	20	25	März 1
☿	AR	$18^h\,20^m$	18.55	19.31	20.7	20.42	21.17	21.49	22.17	22.38	22.45	22.38	22.20	22.1
	D	$-24,7^\circ$	−24,6	−23,8	−22,4	−20,4	−17,7	−14,4	−10,9	−7,7	−5,6	−5,0	−6,4	−8,7
♀	AR	$15^h\,39^m$	16.3	16.28	16.53	17.18	17.44	18.10	18.36	19.3	19.29	19.55	20.21	20.46
	D	$-17,0^\circ$	−18,3	−19,5	−20,5	−21,3	−21,8	22,1	−22,1	−21,9	−21,3	−20,6	−19,5	−18,3
☉	AR	$18^h\,41^m$	19.3	19.25	19.46	20.8	20.29	20.49	21.10	21.30	21.49	22.9	22.28	22.47
	D	$-23,1^\circ$	−22,7	−22,0	−21,2	−20,2	−19,1	−17,8	−16,4	−14,8	−13,2	−11,4	−9,6	−7,8
♂	AR	$17^h\,3^m$	17.18	17.34	17.50	18.6	18.22	18.38	18.55	19.11	19.27	19.43	19.59	20.15
	D	$-23,1^\circ$	−23,4	−23,7	−23,9	−23,9	−23,9	−23,8	−23,5	−23,2	−22,7	−22,2	−21,5	−20,8
♃	AR	$23^h\,49^m$		23.55		0.1		0.7		0.15		0.22		0.31
	D	$-2,6^\circ$		−1,9		−1,3		−0,5		+0,3		+1,2		+2,1
♄	AR	$16^h\,49^m$				16.58				17.5				17.11
	D	$-20,9^\circ$				−21,1				−21,3				−21,4

Δ = **Sternzeit für 0^h Welt-Zeit**; für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp\ \lambda \cdot 0.657^s$.

Zeitgl. = Mittl. Z. − Wahre Z.

Δ	$6^h\,37^m\,38^s$	6. 57.21	7. 17.4	7. 36.47	7. 56.29	8. 16.12	8. 35.55	8. 55.38	9. 15.21	9. 35.3	9. 54.46	10. 14.29	10. 34.12
Zeitgl.	$+2^m\,59^s$	+5.18	+7.27	+9.22	+11.1	+12.21	+13.22	+14.1	+14.20	+14.20	+14.2	+13.26	+12.36

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☉-Randes. M. E. Z.

☉ Aufg.	$8^h\,14^m$	8.13	8.10	8.7	8.2	7.56	7.48	7.40	7.31	7.22	7.12	7.1	6.50
☉ Unterg.	$15^h\,53^m$	15.59	16.5	16.13	16.21	16.30	16.39	16.49	16.58	17.8	17.18	17.27	17.36

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. M. E. Z.

☾ Aufg.	$12^h\,45^m$	15.1	21.5	1.43	7.21	10.0	11.36	16.11	22.18	2.56	7.18	8.57	11.38
☾ Unterg.	$0^h\,38^m$	7.35	10.47	11.56	14.37	21.5	2.39	7.57	9.32	11.3	15.54	23.0	4.20

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Jan. 22. $20^h\,18,7^m$	Jan. 29. $19^h\,25,6^m$	Jan. 7. $6^h\,7,7^m$	Jan. 14. $21^h\,13,6^m$
	Febr. 21. $9^h\,40,8^m$	Febr. 28. $3^h\,20,8^m$	Febr. 5. $20^h\,11,0^m$	Febr. 13. $19^h\,5,0^m$

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I				II		III		IV
Jan. 4.	$20^h\,6,5^m$ A	Jan. 27.	$20^h\,21,3^m$ A	Jan. 11.	$17^h\,32,2^m$ A	Jan. 16.	$17^h\,45,1^m$ A	
„ 11.	$22^h\,1,9^m$ A	Febr. 5.	$16^h\,45,3^m$ A	„ 18.	$20^h\,10,7^m$ A	„ 23.	$19^h\,14,3^m$ E	—
„ 13.	$16^h\,30,7^m$ A	„ 12.	$18^h\,40,4^m$ A	Febr. 12.	$17^h\,26,2^m$ A	„ 23.	$21^h\,47,0^m$ A	
„ 20.	$18^h\,26,0^m$ A	„ 28.	$16^h\,59,1^m$ A	„ 19.	$20^h\,4,8^m$ A	Febr. 28.	$17^h\,52,2^m$ A	

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin. Länge von Stargard.

M. E. Z.	☿	♀	♂	♃	♄
Jan. 1.	—	A $4,5^h$ D_m $7,8^h$	A $6,6^h$ D_m $7,3^h$	D_a $16,9^h$ U $23,0^h$	A $6,1^h$ D_m $7,0^h$
„ 11.	—	A $4,9^h$ D_m $7,8^h$	A $6,5^h$ D_m $7,3^h$	D_a $17,1^h$ U $22,5^h$	A $5,5^h$ D_m $7,0^h$
„ 21.	—	A $5,3^h$ D_m $7,6^h$	A $6,4^h$ D_m $7,1^h$	D_a $17,3^h$ U $22,1^h$	A $4,9^h$ D_m $6,8^h$
„ 31.	D_a $17,5^h$ U $18,0^h$	A $5,6^h$ D_m $7,4^h$	A $6,3^h$ D_m $6,9^h$	D_a $17,6^h$ U $21,6^h$	A $4,3^h$ D_m $6,6^h$
Febr. 10.	D_m $17,8^h$ U $18,7^h$	A $5,8^h$ D_m $7,1^h$	A $6,1^h$ D_m $6,6^h$	D_a $18,0^h$ U $21,2^h$	A $3,8^h$ D_m $6,3^h$
„ 20.	—	A $5,8^h$ D_m $6,8^h$	A $5,9^h$ D_m $6,3^h$	D_a $18,3^h$ U $20,7^h$	A $3,2^h$ D_m $6,0^h$
März 1.	—	A $5,8^h$ D_m $6,4^h$	A $5,6^h$ D_m $5,9^h$	D_a $18,6^h$ U $20,2^h$	A $2,6^h$ D_m $5,6^h$

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. **Venus** in Konjunktion mit **Saturn**, Venus 28′ N, Jan. 16. 17^h. **Merkur** in gr. östl. Elongation 18°12′, Febr. 9. 3^h. **Venus** in Konjunktion mit **Mars**, Venus 1°21′ N, Febr. 14. 2^h.

A. Weill.